

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**EVALUACIÓN DE GALLETAS SUSTITUIDAS
PARCIALMENTE CON HARINA DE YACÓN (*Smallanthus
sonchifolius*) Y ADICIÓN DE GRANOS DE KÉFIR
LIOFILIZADO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autor: Bach. Walter Paul Aguilar Huaman

Asesores: Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce

Dr. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz

Línea de investigación: LI_IIA_02 Desarrollo y Caracterización de Productos

JAÉN – PERÚ

2026

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 21 de noviembre del año 2025, siendo las 09:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Frank Fernández Rosillo

Secretario: M. Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios

Vocal : Mg. Ralph Stein Rivera Botonares

para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EVALUACIÓN DE GALLETAS SUSTITUIDAS PARCIALMENTE POR HARINA DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) Y ADICIÓN DE GRANOS DE KÉFIR LIOFILIZADO" presentado por la tesista **Walter Paul Aguilar Huaman** de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 o menos | () |

Siendo las 10:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 21 de noviembre de 2025

Dr. Frank Fernández Rosillo
Presidente

M. Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios
Secretario

Mg. Ralph Stein Rivera Botonares
Vocal

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS (PREGRADO)

Yo, Walter Paul Aguilar Huaman, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 71131386.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“EVALUACIÓN DE GALLETAS SUSTITUIDAS PARCIALMENTE CON HARINA DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) Y ADICIÓN DE GRANOS DE KÉFIR LIOFILIZADO”.

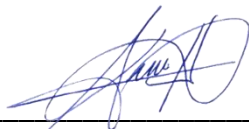
Asesorado por el Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce y el Dr. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz.

El mismo que presento bajo la modalidad de proyecto de tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero de Industrias Alimentarias.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 13 de enero del 2026.


Walter Paul Aguilar Huaman

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
2.1. Lugar de ejecución.....	14
2.2. Población, muestra y muestreo.....	14
2.2.1. Población.....	14
2.2.2. Muestra.....	15
2.2.3. Muestreo.....	15
2.3. Materiales:	15
2.4. Métodos, técnicas, procedimientos y técnicas de recolección de datos.	15
2.4.1. Proceso de obtención de la harina de yacón.....	17
2.4.2. Proceso de liofilización de granos de kéfir	21
2.4.3. Proceso de elaboración de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y adición de granos de kéfir liofilizado	25
2.5. Métodos de análisis.	28
2.5.1. Determinación de características físico-proximales:.....	28
2.5.1.1. Características físicas:	28
a. Determinación del diámetro.	28
b. Determinación del espesor.....	28
c. Relación diámetro/espesor.....	29
d. Análisis de textura instrumental.	29
e. Determinación de volumen.....	29
f. Análisis del color instrumental.	30
2.5.1.2. Características proximales:	31
a. Determinación de Humedad.	31
b. Determinación de porcentaje de cenizas.	31

c.	Determinación de acidez.	32
d.	Determinación del porcentaje de grasas.	32
e.	Determinación de porcentaje de proteínas.....	33
f.	Determinación de carbohidratos.....	33
g.	Determinación de fibra bruta.	34
h.	Determinación de energía (Valor energético total).	34
2.5.1.3.	Control de calidad microbiológica.	35
2.5.1.4.	Evaluación sensorial y aceptabilidad	36
2.6.	Variables.....	39
2.6.1.	Variable independiente.	39
2.6.2.	Variables dependientes.	39
2.7.	Diseño experimental.	39
2.8.	Análisis de datos.....	40
III.	RESULTADOS	41
3.1.	Características físicas de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.	41
3.2.	Características proximales de las galletas de yacón y kéfir liofilizado.	44
3.3.	Control de inocuidad microbiológica previo al análisis sensorial.	47
3.4.	Evaluación sensorial y aceptabilidad de las galletas de yacón.....	47
3.5.	Análisis de correspondencias múltiples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas.	48
IV.	DISCUSIÓN	53
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1.	Conclusiones.....	58
5.2.	Recomendaciones	59
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	AGRADECIMIENTO	67
	DEDICATORIA	68
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formulaciones experimentales de galletas con sustitución parcial de harina de yacón y adición de kéfir liofilizado.....	16
Tabla 2 Límites microbiológicos para productos de panadería, pastelería y galletería .	36
Tabla 3 Dimensiones físicas de la masa y galletas finales según formulación.....	42
Tabla 4 Propiedades texturales instrumentales de galletas de harina de yacón.....	42
Tabla 5 Comportamiento de la masa volumen de la galleta de yacón.....	43
Tabla 6 Parámetros colorimétricos (L, a* b*, ΔE^*) de galletas de yacón.....	44
Tabla 7 Características proximales de la galleta de yacón.....	46
Tabla 8 Control microbiológico de mohos en galletas de yacón y kéfir liofilizado	47
Tabla 9 Atributos sensoriales y aceptabilidad global de galletas de yacón y kéfir liofilizado	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de flujo para la obtención de la harina de yacón.	20
Figura 2	Diagrama de flujo para la obtención de kéfir liofilizado.	24
Figura 3	Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas.	27
Figura 4	Análisis de correspondencias simples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas.	50
Figura 5	Análisis de correspondencias simples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas (sin considerar F5).	51
Figura 6	Perfil general de las galletas según sus atributos sensoriales, sus características físicas y proximales.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Elaboración de harina de yacón.	69
Anexo 2 Proceso de liofilización de gránulos de kéfir.	70
Anexo 3 Elaboración de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.	71
Anexo 4 Análisis físicos (diámetro, espesor, textura, volumen y color) de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.	72
Anexo 5 Análisis proximales (humedad, cenizas, acidez), control microbiológico y evaluación sensorial.	73
Anexo 6 Informe de resultados de grasa, proteína y fibra crudas en galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado (LABNUT-2025-07)	74
Anexo 7 Cálculo de carbohidratos.	75
Anexo 8 Cálculo de valor energético.	76
Anexo 9 Informe de Resultados de Control Microbiológico en Galletas. Recuento de Mohos según ISO 21527-2:2008 y AOAC 2012.05.	77
Anexo 10 Estimación del color de las formulaciones, representación gráfica en el espacio de color Lab*.	78
Anexo 11 Ficha de consentimiento informado.	79
Anexo 12 Fichas de consentimiento informado firmadas por los panelistas.	80
Anexo 13 Capturas del formulario digital para el análisis sensorial implementado en la plataforma de SurveyMonkey.	81
Anexo 14 Registro de evaluación sensorial.	83
Anexo 15 Comprobante de compra del kéfir.	84
Anexo 16 Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables físicas, en el software Python v3.10.	85
Anexo 17 Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables de textura y volumen, en el software Python v3.10.	86
Anexo 18 Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables de colorimetría, en el software Python v3.10.	87

Anexo 19	Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables sensoriales, en el software Python v3.10.....	88
Anexo 20	Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables proximales, en el software Python v3.10.	89
Anexo 21	Constancia de aprobación de proyecto comité de ética-UNJ.	90
Anexo 22	Composición proximal de la harina de yacón.	91

RESUMEN

El elevado consumo de alimentos ultraprocesados con bajo valor nutricional ha impulsado el desarrollo de alternativas saludables en panificación. Esta investigación evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (30 % y 70 %) y adición de kéfir liofilizado (6 % y 10 %) sobre características físico-proximales y aceptabilidad de galletas. El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) aporta fructooligosacáridos prebióticos y el kéfir componentes bioactivos fermentativos. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con cinco formulaciones, evaluando propiedades físicas (diámetro, espesor, volumen, textura y color), composición proximal (humedad, cenizas, acidez, grasas, proteínas, carbohidratos, fibra y energía) y aceptabilidad sensorial mediante escalas analógicas visuales con 120 consumidores. Para integrar los múltiples atributos, y determinar la mejor formulación, se empleó estandarización mediante puntuación Z y diagramas de radar, permitiendo identificar de manera multivariable la formulación con mejor desempeño global. La formulación F1 (30 % yacón + 6 % kéfir) incrementó significativamente la fibra dietética (1.53 % vs 0.78 %, + 96 %, $p < 0.05$), mantuvo textura suave (4.33 N) y volumen específico aceptable (8.74 mL), logrando aceptabilidad comparable al control (71.73 vs 72.47/100, $p > 0.05$). Formulaciones con mayor sustitución (70 % yacón) presentaron mayor dureza y menor aceptabilidad. F1 demostró el mejor equilibrio entre composición nutricional, calidad física y aceptación del consumidor, evidenciando la viabilidad de desarrollar galletas más saludables con harina de yacón y kéfir liofilizado para aplicación industrial en panificación saludable.

Palabras clave: Producto innovador, panificación saludable, fructooligosacáridos, fibra prebiótica, aceptabilidad sensorial.

ABSTRACT

The high consumption of ultra-processed foods with low nutritional value has driven the development of healthier alternatives in bakery products. This study evaluated the effect of partially replacing wheat flour with yacon flour (30% and 70%) and adding freeze-dried kefir (6% and 10%) on the physicochemical and sensory acceptability of cookies. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) provides prebiotic fructooligosaccharides, while kefir contributes fermentative bioactive components. A completely randomized experimental design with five formulations was applied, assessing physical properties (diameter, thickness, volume, texture, and color), proximal composition (moisture, ash, acidity, fats, proteins, carbohydrates, fiber, and energy), and sensory acceptability using visual analog scales with 120 consumers. To integrate multiple attributes and determine the best formulation, Z-score standardization and radar charts were used, enabling multivariable identification of the formulation with the best overall performance. Formulation F1 (30% yacon + 6% kefir) significantly increased dietary fiber (1.53% vs. 0.78%, +96%, $p < 0.05$), maintained a soft texture (4.33 N) and acceptable specific volume (8.74 mL), achieving acceptability comparable to the control (71.73 vs. 72.47/100, $p > 0.05$). Formulations with higher substitution levels (70% yacon) exhibited greater hardness and lower acceptability. F1 demonstrated the best balance among nutritional composition, physical quality, and consumer acceptance, supporting the feasibility of developing healthier cookies using yacon flour and freeze-dried kefir for industrial applications in health-oriented bakery products.

Keywords: Innovative product, healthy baking, fructooligosaccharides, prebiotic fiber, sensory acceptability.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo elevado de alimentos ultraprocesados, caracterizados por su bajo valor nutricional y alto contenido calórico, se ha convertido en un problema crítico de salud pública a nivel mundial (Kelly y Jacoby, 2018; Lane et al., 2024; Leonie et al., 2020). Su ingesta frecuente se asocia con un aumento de enfermedades no transmisibles, incluyendo obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Bestari et al., 2023; Henney et al., 2023; Matos et al., 2021).

Frente a esta problemática, la industria alimentaria ha experimentado una transformación significativa hacia el desarrollo de productos más saludables, impulsada por la creciente conciencia de los consumidores sobre la relación entre alimentación y salud (Birch y Bonwick, 2019; Gouvea et al., 2021; Krajewska y Dziki, 2023; Rashidinejad, 2024). Estas innovaciones buscan no solo cubrir las necesidades nutricionales básicas, sino también mejorar el valor nutricional y tecnológico mediante la incorporación de ingredientes con propiedades beneficiosas (Birch y Bonwick, 2019; Rashidinejad, 2024; Tadesse y Emire, 2020). Este enfoque ha promovido su aplicación en matrices como los productos de panificación, donde las formulaciones pueden adaptarse sin alterar sus propiedades sensoriales y tecnológicas (Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021).

Las galletas representan una matriz alimentaria particularmente atractiva para la fortificación y reformulación nutricional debido a su amplia aceptación comercial, estabilidad microbiológica prolongada y versatilidad tecnológica para la incorporación de diversos ingredientes (Birch y Bonwick, 2019; Castrejon, 2019; Gouvea et al., 2021; Krajewska y Dziki, 2023). Su proceso de manufactura simple, la posibilidad de modificar formulaciones y su larga vida útil las convierte en una plataforma ideal para desarrollar productos con mayor valor agregado en mercados emergentes (Gouvea et al., 2021; Molloco y Ventura, 2019).

Entre los ingredientes de interés destaca el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), tubérculo andino rico en fructooligosacáridos (FOS) que constituyen entre el 40 y 70 % de su materia seca y actúan como prebióticos al resistir la hidrólisis enzimática, presentar bajo valor calórico y favorecer el crecimiento de bacterias benéficas como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. Además, la harina de yacón mejora el perfil nutricional de productos horneados al incrementar la fibra

dietética y minerales esenciales, contribuyendo a sus características organolépticas (Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021). Por otro lado, el kéfir, producto lácteo fermentado originario del Cáucaso, contiene una microbiota simbiótica de bacterias ácido-lácticas, acéticas y levaduras, que se desarrollan en una matriz polisacárida denominada kefiran (Plessas et al., 2007; Vimercati et al., 2020). Sin embargo, su incorporación en productos horneados representa un desafío, ya que a temperaturas superiores a 60 °C comprometen la viabilidad microbiana (Gao et al., 2012).

La liofilización del kéfir, especialmente en presencia de crioprotectores como la maltodextrina, se ha consolidado como una estrategia clave para preservar sus características fisicoquímicas y estructurales, facilitando su manipulación, dosificación e incorporación en matrices secas sin alterar de forma significativa las propiedades de la masa, esta técnica contribuye a mantener la estructura celular, además de mejorar su estabilidad durante el almacenamiento y prolongar su vida útil (Bellali et al., 2020; Conde-Islas et al., 2019). La microencapsulación ha mostrado resultados prometedores; de Almeida et al. (2024) demostraron que la harina de yacón es un material de pared eficaz, logrando una eficiencia de encapsulación del 69.92 % y una resistencia térmica superior al 64 %.

Los niveles de sustitución de harina de trigo por harina de yacón en productos horneados han sido objeto de investigación intensiva, donde estudios previos indican que sustituciones del 30 % permiten mantener la integridad estructural y aceptabilidad sensorial del producto, mientras que niveles de hasta 70 % incrementan los beneficios nutricionales, aunque pueden comprometer algunas características tecnológicas (Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021). La evaluación de estos niveles extremos de sustitución permite establecer el equilibrio entre mejoramiento nutricional y calidad tecnológica del producto final. Simanca-Sotelo et al. (2021), evaluaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en galletas dulces (70:30, 60:40, 50:50), y un control de 100 % trigo. Con un 30 % de yacón, la humedad se redujo en 50.1 % y la proteína en 20.1 %, las grasas aumentaron 30.5 %, las cenizas 46.1 %, la fibra 13 %, los carbohidratos 7.4 % y el valor calórico 7.7 % respecto al control. En la evaluación sensorial, esta formulación obtuvo las mayores mejoras: la apariencia se incrementó en 47.9 %, el color en 37.3 %, el sabor en 35.3 %, la

textura en 53.8 % y el gusto en 27.6 %, consolidándose como la más equilibrada en desempeño físico-químico y aceptación sensorial frente al control.

Granados et al. (2021), analizaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en galletas, empleando proporciones de 70:30, 60:40, 50:50 y un control con 100 % trigo. La inclusión del 30 % de yacón elevó el contenido de fibra dietética en 60.3 %, ceniza en 53.5 %, se observó una reducción de la humedad en 14.7 % y de la proteína en 8.0 %. Los carbohidratos se mantuvieron una variación mínima de 0.03 %, y las grasas con una reducción de 0.95 %. El valor calórico se redujo en 3.6 %, estos resultados, calculados con relación al control, muestran que la harina de yacón mejora el perfil nutricional sin modificar de manera significativa los macronutrientes predominantes.

Husni et al. (2024) evaluaron la incorporación de gránulos de kéfir en diferentes concentraciones (0, 5, 10, 15, 20 %) como cultivos iniciadores en pan de masa madre. Destacando el tratamiento con 10 %, ya que mejoró la composición proximal al incrementar la proteína en 10.3 %, cenizas en 19.4 % humedad en 5.3 % y del volumen específico en 20.2 %, redujo los carbohidratos en 4.5 %, logrando una mayor aceptación sensorial con mejoras en aroma, sabor y textura cercanas al 15 %. Estos resultados evidencian el potencial del kéfir para optimizar la calidad nutricional, tecnológica y sensorial de productos de panificación, siendo los porcentajes mencionados calculados con relación al control.

Por otro lado, los productos enriquecidos con ingredientes microencapsulados han demostrado mejorar la estabilidad y propiedades físico químicas de los alimentos.

Abozed et al. (2024), evaluaron la aplicación de extracto de jengibre microencapsulado en galletas, empleando maltodextrina como material de pared. El proceso alcanzó una eficiencia de encapsulación del 77.66 %, lo que garantizó la protección del extracto y su adecuada incorporación en la matriz alimentaria. Los resultados demuestran que una encapsulación eficiente asegura la estabilidad del ingrediente y su adecuada integración en productos como galletas y otros productos de panificación.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (30 % y 70 % respecto al 100 % de las harinas empleadas) y la adición de kéfir liofilizado (6 % y 10 %) en galletas dulces. Los objetivos específicos fueron evaluar las características físicas (diámetro, espesor, volumen, textura y color instrumental) y proximales (humedad, cenizas, acidez, grasas, proteínas, carbohidratos, fibra bruta y energía) de las galletas producidas, comparar estos parámetros con un control para determinar la mejor formulación, verificar microbiológicamente su inocuidad y evaluar sus atributos sensoriales y nivel de aceptabilidad.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución.

La ejecución del presente estudio se desarrolló en coordinación con tres universidades y un establecimiento especializado de panadería y pastelería, empleando sus respectivos laboratorios e instalaciones de acuerdo con las actividades requeridas.

En la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), se llevaron a cabo procesos fundamentales tales como la elaboración de la harina de yacón en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias; el recuento de mohos se realizó en el Laboratorio de Biología y Química de la Escuela Profesional de Tecnología Médica; el análisis sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos; los análisis proximales en el Laboratorio de Bromatología de Alimentos.

En la Universidad Nacional Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNFSLB), se elaboró el kéfir liofilizado en el Laboratorio de Bioquímica y Biotecnología Farmacéutica.

Asimismo, en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), se realizaron análisis proximales complementarios en los Laboratorios de Biotecnología Agroindustrial y Tecnología Agroindustrial.

Por otro lado, la elaboración de las galletas se efectuó en la panadería y pastelería “W Aguis” (RUC: 10409158281), ubicada en la Calle Unión/Salazar Bondy N.º 1088 de la ciudad de Jaén.

De esta manera, la articulación entre laboratorios universitarios y la planta externa de panadería permitió integrar de forma ordenada la producción de las galletas y la ejecución de los análisis físico-proximales, microbiológicos y sensoriales.

2.2. Población, muestra y muestreo.

2.2.1. Población.

La población del estudio estuvo conformada por todas las galletas elaboradas a partir de cinco formulaciones, con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y la adición de kéfir liofilizado.

2.2.2. Muestra.

La muestra estuvo compuesta por un total de 820 galletas, correspondientes a 164 unidades por formulación. De estas, 120 galletas por formulación se destinaron a la evaluación sensorial, mientras que las 44 galletas restantes por formulación se emplearon en los análisis físico-proximales y microbiológicos.

2.2.3. Muestreo.

El proceso de selección se realizó mediante un muestreo aleatorio, lo que aseguró que cada unidad tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada, garantizando así la imparcialidad, representatividad y confiabilidad de los datos obtenidos.

2.3. Materiales:

Para la elaboración de las galletas dulces, se utilizó 232 kg de yacón, producido en el distrito de La Coipa, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, ubicada a 1500 m.s.n.m; con coordenadas 5° 23' 36" S, 78° 54' 23" O. La composición proximal referencial de la harina de yacón utilizada se presenta en el **Anexo 22**, basada en los valores reportados por Granados et al. (2021). Además, se emplearon 10 kg de kéfir de leche reproducidos a partir de los 60 g adquiridos de la empresa “Kombucha Perú®”.

Los ingredientes incluyeron harina fortificada panadera (Cogorno, Perú) margarina (Primavera, Perú), azúcar rubia (CasaGrande, Perú), huevos frescos, leche entera (Gloria, Perú) y polvo de hornear (Fleischmann, Perú), los cuales fueron adquiridos del Minimarket “El Centro” de la ciudad de Jaén.

2.4. Métodos, técnicas, procedimientos y técnicas de recolección de datos.

Se diseñaron cinco formulaciones experimentales de galletas con el objetivo de evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y la incorporación de kéfir liofilizado. Las formulaciones F1 a F4 presentan diferentes proporciones de sustitución y adición, mientras que F5 corresponde al control, sin inclusión de harina de yacón ni kéfir. La **Tabla 1** presenta la composición de ingredientes, expresada en gramos y porcentajes respecto al peso total de la masa.

Tabla 1

Formulaciones experimentales de galletas con sustitución parcial de harina de yacón y adición de kéfir liofilizado

	FORMULACIONES									
	F1		F2		F3		F4		F5 (Control)	
	Cantidad (g)	% MT	Cantidad (g)	% MT	Cantidad (g)	% MT	Cantidad (g)	% MT	Cantidad (g)	% MT
Harina de trigo	700 (70%)*	32	300 (30%)*	14	700 (70%)*	30	300 (30%)*	13	1000 (100%)*	49
Harina de yacón	300 (30%)*	14	700 (70%)*	32	300 (30%)*	13	700 (70%)*	30	-	-
Kéfir	130	6	130	6	240	10	240	10	-	-
Azúcar	500	23	500	23	500	22	500	22	500	24
Margarina	500	23	500	23	500	22	500	22	500	24
Polvo de hornear	10	0.5	10	0.5	10	0.4	10	0.4	10	0.5
Huevos	48	2	48	2	48	2	48	2	48	2
Total	2188	100	2188	100	2298	100	2298	100	2058	100

Nota. Las formulaciones experimentales se basaron en la Norma Técnica Peruana (2011) para productos de galletería. Se evaluaron cuatro tratamientos con diferentes proporciones de harina de yacón (30 % y 70 % de sustitución) y kéfir liofilizado (6 % y 10 % de adición), comparados con una formulación control (F5) sin sustitución ni adición adicional. Las cantidades se expresan en gramos y porcentajes sobre el peso total de cada formulación para la elaboración de galletas. % MT, porcentaje con relación a la mezcla total. (*) Corresponden al porcentaje de cada tipo de harina (trigo o yacón) calculada sobre el 100 % de la fracción total de harinas utilizada en cada formulación, y no sobre el porcentaje de la mezcla total.

2.4.1. Proceso de obtención de la harina de yacón.

Este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la carrera profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ) (**Ver Anexo 1**).

Recepción de la materia prima: Se recibieron 232 kg de yacón en jabs plásticas de polietileno de alta densidad (HDPE) de 20 kg de capacidad, previamente desinfectadas, del distrito de La Coipa, provincia de San Ignacio, región Cajamarca, ubicada a 1500 msnm. Se consideró que el tubérculo debía ser extraído con recubrimiento de tierra para garantizar su conservación. Este proceso se realizó durante los meses de junio y julio del año 2024.

Recepción de materia prima: El yacón fue transportado a los laboratorios de Tecnología de Alimentos, donde, al llegar, fue descargado en mesas de acero inoxidable grado 304, donde se realizó una inspección visual bajo iluminación LED para descartar tubérculos con signos de deterioro. Posteriormente, se pesó cada lote en una balanza electrónica digital (KCC, Electronic Counting Scale, China) con capacidad de 30 kg y precisión de ± 1 g para registrar la cantidad recibida. Posteriormente, los tubérculos se almacenaron temporalmente en un área ventilada, sobre estanterías metálicas con bandejas de polipropileno.

Selección: La clasificación se llevó a cabo sobre una mesa de acero inoxidable, previamente desinfectada con una solución al 0.1 % (1000 partes por millón (ppm)) de hipoclorito de sodio según el INACAL (2020), empleando paños de microfibra para la limpieza, guantes quirúrgicos de nitrilo y mandil de algodón. Se retiraron las raíces golpeadas, resacas o con pardeamiento superficial.

Lavado y desinfectado: Las raíces seleccionadas se lavaron en tanques de acero inoxidable de 50 L utilizando agua potable a presión. Para la desinfección, se preparó una solución de hipoclorito de sodio (50 ppm) diluyendo 12.5 mL de lejía comercial al 4 % p/p (peso/peso) en 10 L de agua, según INACAL (2020). Las raíces permanecieron sumergidas por 2 min y luego se enjuagaron con agua potable. El secado se realizó sobre bandejas de acero inoxidable con base perforada, permitiendo el drenaje.

Pelado: Se efectuó manualmente con peladores de acero inoxidable, con cuchillas reemplazables (Vfrikor, Estados Unidos), sobre tablas de polietileno grado alimenticio. Las raíces peladas se colocaron en bowls de aluminio anodizado de 10 L desinfectadas, donde se les adicionó una solución antioxidante con 0.07 % de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) para prevenir el pardeamiento enzimático. Esta solución se preparó disolviendo 0.7 g de ácido ascórbico en 1 L de agua destilada en un vaso de precipitado de vidrio.

Troceado: El corte se realizó con una mandolina de acero inoxidable (Oxo, China), ajustada para obtener rodajas de 3.5 mm de espesor, optimizando el proceso posterior de escaldado. Las rodajas se depositaron en recipientes plásticos de polipropileno (PP) de 15 L, con tapa hermética.

Escaldado o blanqueado: Las rodajas se sumergieron en un recipiente de aluminio anodizado de 10 L, con agua hirviendo a 98 ± 1 °C y 0.1 % de ácido ascórbico (1 g/L) durante 4 min (Molloco y Ventura, 2019). El equipo utilizado fue una cocina industrial de gas GLP (Ilumi, Perú), con termómetro digital con espiga 15 cm (Precciso, Perú) para monitorear la temperatura. El blanqueado inactivó enzimas oxidativas y ayudó a conservar el color.

Secado: El producto escaldado se distribuyó en bandejas perforadas de acero inoxidable (40 × 60 cm) en capas de espesor uniforme (< 1 cm). Las bandejas se introdujeron en un horno de calor forzado (JSOF-400T/700T, Corea del Sur), equipado con control digital PID con resolución de 0.1 °C, precisión ± 0.2 °C y uniformidad ± 1.0 °C, que permite mantener de forma estable la temperatura de proceso. La temperatura se fijó en 65 ± 2 °C y las muestras se secaron durante 48 h, hasta alcanzar un producto con contenido de humedad inferior al 10 %, obteniendo una textura quebradiza y color crema.

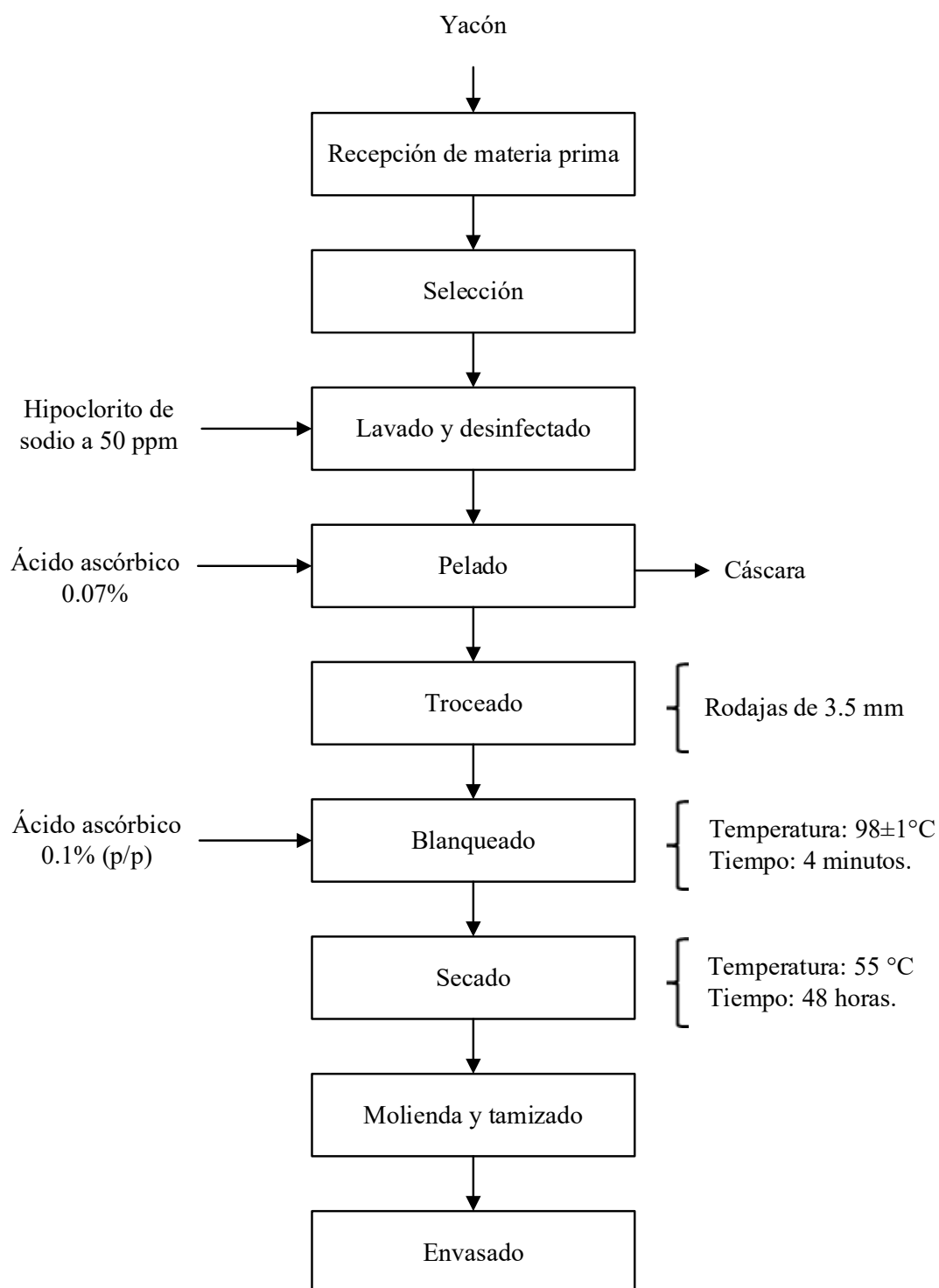
Molienda y tamizado: El yacón deshidratado se procesó en una licuadora mezcladora industrial (BOXA, LFA-100B, Perú), con capacidad de 100 L por lote, motor industrial de 10 HP (Horse Power) y 15 cuchillas de acero inoxidable operando a 5000 rpm (revoluciones por minuto). Su diseño volcable facilitó la descarga de la harina obtenida, evitando pérdidas de producto. El proceso permitió lograr una molienda homogénea y eficiente, adecuada para la producción a gran escala. La harina obtenida se tamizó posteriormente con un tamiz A.S.T.M (American Society for Testing and

Materials) N°70 (212 μm) para asegurar uniformidad granulométrica, conforme a las especificaciones del Codex Alimentarius (1985).

Envasado y sellado: La harina obtenida se envasó en bolsas de polipropileno biorientado (BOPP) de 500 g, que ofrecen alta barrera a la humedad y al oxígeno. Las bolsas fueron selladas con ayuda de una selladora industrial de impulso térmico (Indurama[®], Perú), garantizando hermeticidad. El producto terminado se etiquetó y almacenó en un área seca y fresca (aproximadamente 25 °C). No se registró la humedad relativa ambiental durante el almacenamiento.

Figura 1

Diagrama de flujo para la obtención de la harina de yacón



Nota. Diagrama de flujo que representa las etapas para la elaboración de harina de yacón. Tomado de *Elaboración de una galleta con sustitución parcial de harina de yacón (Smallanthus sonchifolius) enriquecida con espirulina (Arthrospira platensis)*(p.45) por Molloco y Ventura (2019).

2.4.2. Proceso de liofilización de granos de kéfir

Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Bioquímica y Biotecnología Farmacéutica, de la carrera profesional de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Naturales y Aplicadas de la Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNFSLB) (**Ver Anexo 2**).

Compra de granos de kéfir: Se compraron 60 g de granos de kéfir de leche (Kombucha Perú, Perú) empaquetados en unidades de 20 g. Los granos se almacenaron temporalmente en frascos de vidrio borosilicato de 2 L (Schott Duran®, Alemania), previamente esterilizados en autoclave a 121 °C y 15 psi durante 15 min, protegidos de la luz hasta su activación.

Activación: Los granos se reactivaron en leche pasteurizada, utilizando frascos de vidrio borosilicato de 2 L y una relación leche: granos de 1:15 g/mL. La mezcla se incubó a una temperatura de 16 ± 2 °C durante 48 h. Durante la activación se realizaron agitación suave cada 12 h con espátulas de polipropileno estériles. A las 24 h, se retiró la leche fermentada y se reemplazó con leche fresca para mantener la actividad de los granos.

Reproducción: Los granos activados se sometieron a ciclos sucesivos de subcultivo en leche fresca cada 48 h en frascos de vidrio borosilicato (Schott Duran®, Alemania), de 10 L, manteniendo las condiciones de temperatura (16 ± 2 °C) y agitación suave. Este procedimiento permitió el crecimiento progresivo de los gránulos saludables y activos, necesarios para la posterior congelación y liofilización. Durante toda la multiplicación se trabajó bajo condiciones asépticas para prevenir contaminación y asegurar uniformidad en la morfología de los gránulos.

Cosecha: A partir de los frascos de reproducción, se procedió a cosechar, usando coladores de polipropileno (PP) de malla fina (0.5 mm) previamente desinfectados, hasta obtener 10 kg de gránulos de kéfir saludables y activos. Estos granos se colocaron en recipientes de vidrio borosilicato (Schott Duran®, Alemania), de 10 L esterilizados.

Lavado: Los granos se lavaron con agua destilada grado analítico (Alkofarma®, Perú), en cubetas de polipropileno de 10 L, utilizando espátulas de polipropileno para agitación suave. Posteriormente, se retiró el exceso de

agua empleando servilletas desechables de papel estériles, evitando dañar la estructura de los gránulos.

Pesado: El pesado se realizó en una balanza analítica digital (Ohaus®, México), con capacidad de 6 kg y precisión ± 0.001 g, paso fundamental para calcular la cantidad precisa de crioprotector al 0.50 % m/m (masa/masa). Los granos pesados se transfirieron a frascos de vidrio borosilicato de 1 L esterilizados en autoclave a 121 °C y 15 psi durante 15 min.

Selección: Se seleccionaron gránulos blancos, firmes y con morfología similar a una inflorescencia de coliflor, considerados adecuados para la congelación. Este procedimiento se llevó a cabo sobre mesas de polipropileno desinfectadas con etanol al 70 %, empleando envases de vidrio borosilicato esterilizados para almacenar temporalmente los gránulos seleccionados, manteniendo condiciones asépticas durante la manipulación.

Preparación del crioprotector: Se preparó una solución de maltodextrina (Edulco Peru®, Perú) al 0.50 % p/p, disolviendo 0.5 g de maltodextrina en 100 mL de agua destilada en un vaso de precipitados de vidrio de 500 mL, utilizando un agitador magnético con barra recubierta de teflón para asegurar su completa disolución. La solución se almacenó en botellas ámbar de polietileno (HDPE) de 500 mL, estériles y protegidas de la luz.

Mezclado: Los granos seleccionados se transfirieron a vasos de precipitados de vidrio borosilicato de 1 L y se mezclaron suavemente con la solución crioprotectora usando una varilla de vidrio (Pyrex®, Estados Unidos) asegurando la cobertura uniforme de todos los gránulos.

Congelación: La mezcla se envasó en matraz (Fast-Freeze™, Estados Unidos), de 600 mL, sellados con tapones de goma butílica. Los viales se colocaron en un congelador horizontal (Thermo Scientific™, Estados Unidos), de 300 L, ajustado a -30 ± 1 °C, durante 48 h, permitiendo la formación de cristales de hielo finos que preservaron la integridad celular, siguiendo la metodología propuesta por Conde-Islas et al. (2019).

Liofilización: La deshidratación se realizó en un liofilizador (Labconco® FreeZone, Estados Unidos), 6 L, 115 V, 60 Hz, con condensador a -30 °C, presión de cámara de 200 μ m Hg y duración de 24 h. El equipo, con cámara

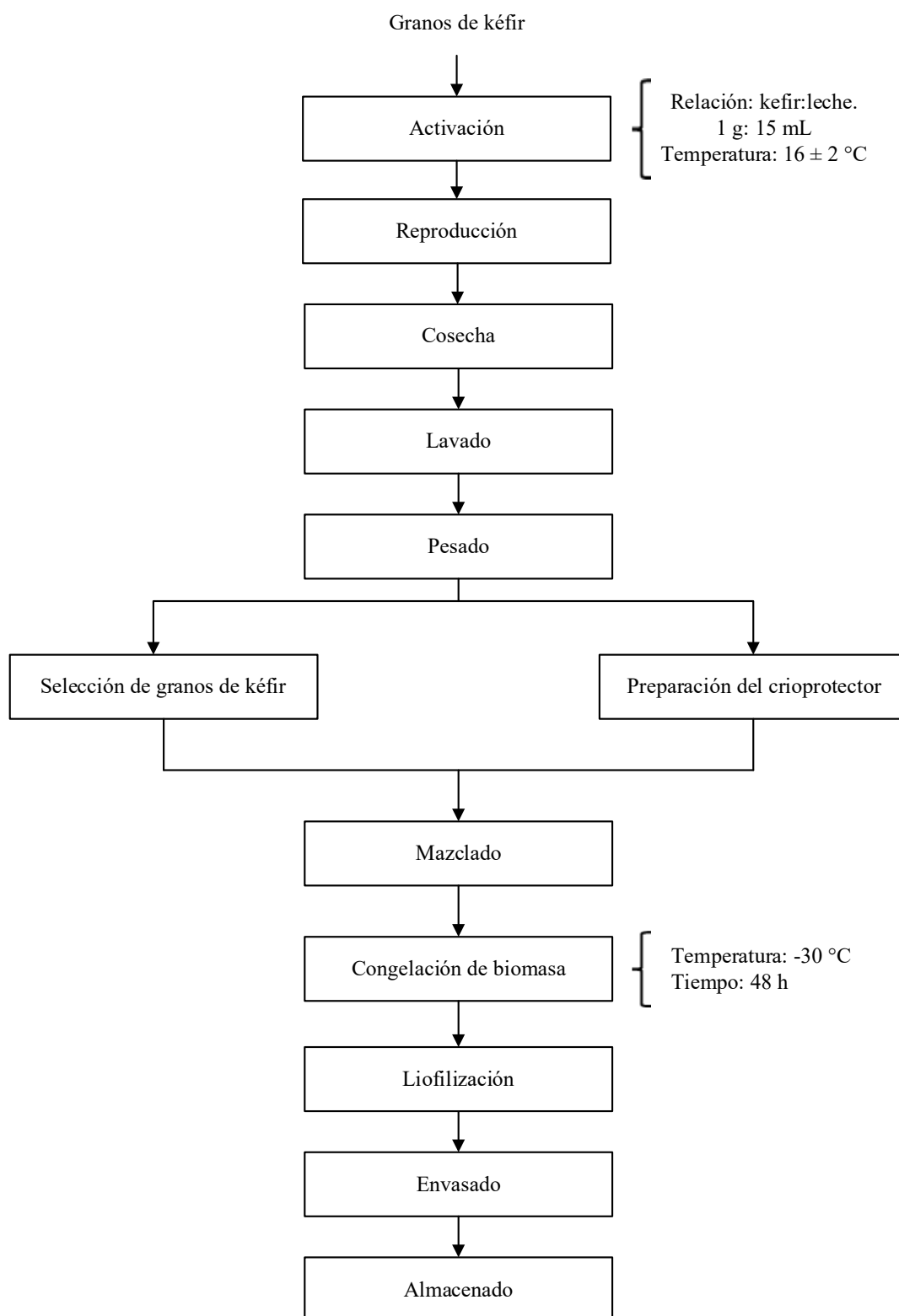
interna de vidrio y bomba de vacío de alto rendimiento, permitió la sublimación del agua conservando la estructura y viabilidad microbiana.

Envasado: El kéfir liofilizado se envasó inmediatamente en recipientes de vidrio (Rey, Perú), con sello de goma hermético, previamente esterilizados, evitando la absorción de humedad y la contaminación ambiental.

Almacenamiento: Los recipientes se almacenaron en un ambiente fresco y seco, a 15 ± 2 °C y humedad relativa menor al 30 %, en estanterías de polipropileno protegidas de la luz solar directa, asegurando la conservación de la viabilidad microbiana y evitando la rehidratación del producto.

Figura 2

Diagrama de flujo para la obtención de kéfir liofilizado



Nota. Diagrama de flujo que representa el proceso de liofilización de los granos de kéfir. Tomado de *Actividad metabólica, viabilidad y exopolisacaridos de bacterias lácticas de granos de kéfir liofilizado con potencial tecnológico en la región central* (p. 31) por Ramirez (2020).

2.4.3. Proceso de elaboración de galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y adición de granos de kéfir liofilizado

El proceso de elaboración de las galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y adición de granos de kéfir liofilizado se desarrolló siguiendo el diagrama de flujo adaptado de Castrejon (2019), la producción se llevó a cabo en la panadería y pastelería “W Aguis”, ubicada en la Calle Unión/Salazar Bondy N.º 1088, ciudad de Jaén (**Ver Anexo 3**).

Recepción: Los insumos empleados se clasificaron en dos categorías: “ingredientes básicos”, conformados por margarina, azúcar rubia, polvo de hornear y huevos, los cuales se mantuvieron constantes en todas las formulaciones; y las “materias primas variables”, constituidas por harina de trigo panadera, harina de yacón y kéfir liofilizados, incorporados en diferentes proporciones de acuerdo con cada tratamiento experimental. A su llegada, se verificó que todos los insumos se encontraran en condiciones organolépticas adecuadas (ausencia de olores extraños, mohos o insectos). Posteriormente, fueron almacenados en recipientes herméticos de polipropileno, en un área fresca, ventilada y protegida de la luz solar directa.

Si bien la harina galletera es habitual en este tipo de productos, la harina panadera brinda mejor estructura y cohesión en masas con sustitutos como la harina de yacón (Derkanosova et al., 2022).

Dosificado: Todos los ingredientes fueron pesados siguiendo las formulaciones establecidas para cada tratamiento experimental (**Ver Tabla 1**). Se utilizó una balanza eléctrica digital recargable (OPALUX, OP-208C, Perú), con capacidad de 40 kg y precisión de ± 1 g. El dosificado se realizó en bowls de acero inoxidable de 2 L, previamente desinfectados con solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm según INACAL (2020).

Cremado (batido): El proceso se realizó utilizando una batidora industrial de pedestal (IMPERIUM®, QJH-B10A, Perú), de 10 L, provista con un tazón y paleta batidora de acero inoxidable grado alimenticio. El cremado se llevó a cabo mezclando la margarina y el azúcar durante 10 min, hasta obtener una mezcla homogénea y de textura cremosa. Posteriormente, se incorporaron los

huevos y se continuó batiendo en las mismas condiciones, favoreciendo la formación de una emulsión estable y uniforme.

Mezclado 1: En un recipiente de acero inoxidable de 5 L aparte, se realizó la mezcla de los ingredientes secos: harina de trigo, harina de yacón y gránulos de kéfir liofilizados previamente pulverizados. Esta operación se llevó a cabo manualmente con una espátula de goma con mango de acero inoxidable, asegurando una distribución homogénea de los componentes.

Mezclado 2: La mezcla seca se incorporó gradualmente al cremado en la batidora industrial a velocidad baja, mezclando hasta integrar completamente todos los ingredientes sin formar grumos, hasta obtener una masa homogénea.

Mezclado final: El amasado final se llevó a cabo dentro del recipiente de la batidora industrial, empleando movimientos manuales con espátula para asegurar la uniformidad de la masa. Se continuó hasta obtener una mezcla maleable, suave y homogénea, con cohesión adecuada para el moldeado posterior, evitando una incorporación excesiva de aire o harina adicional.

Moldeado: Se realizó manualmente empleando mangas pasteleras de polietileno grado alimenticio desechables (Ateco, Perú), equipada con boquillas metálicas intercambiables, para dar forma a las galletas sobre bandejas de acero inoxidable previamente engrasadas con una capa delgada de margarina, cada galleta se elaboró manteniendo uniformidad.

Horneado: Las bandejas se introdujeron en un horno industrial a petróleo (Nova, Max 1000, Perú), con termostato ajustado a 140 °C, durante 10 min, con circulación uniforme de calor. Se verificó la temperatura interna mediante un termómetro digital infrarrojo para garantizar la cocción uniforme de todas las piezas.

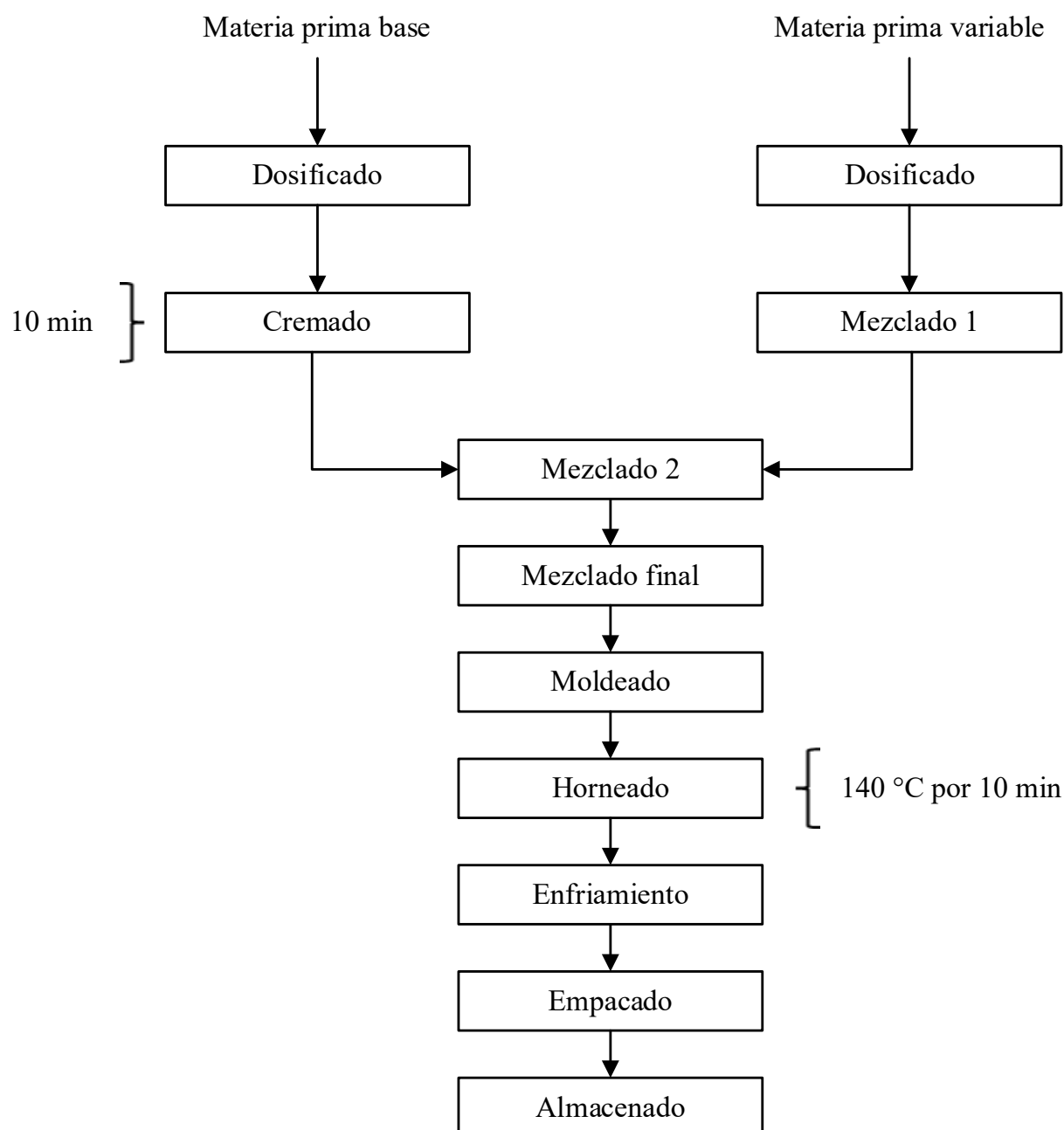
Enfriamiento: Una vez retiradas del horno, las galletas se dispusieron sobre rejillas de enfriamiento de acero inoxidable a temperatura ambiente, en un área ventilada, limpia, libre de polvo y humedad.

Empacado: Las galletas enfriadas se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) con capacidad de 250 g, con sello hermético, previamente sanitizadas, garantizando un cierre hermético que evitara la absorción de humedad y contaminantes.

Almacenamiento: Las muestras se almacenaron en un ambiente seco y fresco, sobre estanterías de acero inoxidable, protegidas de la luz solar directa y en condiciones de baja humedad, hasta la ejecución de los análisis físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales.

Figura 3

Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas.



Nota. El diagrama de flujo representa las etapas para la elaboración de galletas. Tomado de *Elaboración de galletas con edulcorante natural Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) enriquecida con harina de cáscara deshidratada de piña (Ananas comosus)* (p. 34) por Castrejon (2019).

2.5. Métodos de análisis.

2.5.1. Determinación de características físico-proximales:

Se realizaron análisis físico-proximales con el fin de determinar la composición nutricional de las muestras. A través de estas evaluaciones, se buscó obtener productos que cumplieran con los estándares de calidad y las preferencias de los consumidores.

2.5.1.1. Características físicas:

a. Determinación del diámetro.

Se usó la metodología reportada por Cárdenas y Verdugo (2015). Cada galleta se colocó individualmente sobre una superficie plana y lisa de acero inoxidable, previamente desinfectada con etanol al 70 %. Se utilizó un calibrador Vernier digital (Truper®, CALDI-6MP, México), adquirido en la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú, previamente calibrado según las recomendaciones del fabricante; se posicionaron los brazos del instrumento en los extremos opuestos de cada muestra, alineando el centro del calibrador con el centro de la galleta (**véase Anexo 4, imagen A**). La lectura se realizó en la pantalla digital del calibrador, registrando el valor expresado en milímetros (mm). Cada galleta se ubicó en posiciones ortogonales (a 90° entre sí), obteniéndose así un valor promedio representativo por galleta. De esta manera, cada formulación estuvo representada por cinco valores promedios de diámetro. Estos datos fueron anotados en hojas de registro con la identificación correspondiente a la formulación experimental.

b. Determinación del espesor.

Se usó la metodología reportada por Cárdenas y Verdugo (2015). Cada galleta fue colocada en posición vertical sobre una superficie plana de acero inoxidable, previamente desinfectada con etanol al 70 %. Se utilizó un calibrador Vernier digital (Truper®, CALDI-6MP, México), adquirido en la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú, el cual fue verificado antes de su uso para asegurar limpieza y correcto funcionamiento. Cada galleta se sujetó cuidadosamente entre los brazos del calibrador, evitando presionar con exceso para no deformar la estructura (**véase Anexo 4, imagen B**). Los brazos se ajustaron hasta establecer un contacto firme y paralelo con las superficies opuestas de la galleta, la lectura se realizó en la pantalla digital

del calibrador, registrando el valor en milímetros (mm), los datos fueron anotados en hojas de registro, consignando la identificación de la formulación correspondiente.

c. Relación diámetro/espesor.

Se siguió la metodología de Malleret et al. (2018), determinándose la relación espesor-diámetro (t/d) de las galletas mediante la división del espesor (t) entre el diámetro (d) utilizando directamente los resultados obtenidos en ambas mediciones. Posteriormente, se estimó el promedio de la relación t/d por formulación, lo que permitió cuantificar de manera objetiva la morfología de las galletas.

$$\text{Relación espesor} - \text{diámetro} \left(\frac{t}{d} \right) = \frac{\text{Espesor (t)}}{\text{Diámetro (d)}} \quad \dots (1)$$

$$\text{Promedio de las relaciones} \left(\frac{t}{d} \right) = \frac{(\text{Relación 1} + \text{Relación 2} + \dots)}{n} \quad \dots (2)$$

d. Análisis de textura instrumental.

Se utilizó la metodología de Martínez et al. (2017), teniendo en cuenta el manual de uso del equipo, Texturolab (2023), la determinación de la dureza y trabajo de penetración de las galletas se realizó utilizando un analizador de texturas (TexVol[®], TVT 6700, Alemania) (véase Anexo 4, imagen C). El equipo cuenta con, balanza incorporada y software de análisis integrado para exportación de datos. Antes de la prueba, cada muestra fue pesada en la balanza incorporada del equipo. Las pruebas se configuraron en el modo Single Cycle, con los siguientes parámetros: altura de muestra 11 mm, distancia inicial 5 mm, compresión 2 mm, velocidad inicial 2 mm/s, velocidad de ensayo 6 mm/s, velocidad de retracción 10 mm/s, fuerza de disparo 0.5 N y frecuencia de adquisición de datos 500 pps (pulsos por segundo). Se utilizó una sonda cilíndrica de acero inoxidable con diámetro de 2 mm (modelo 673002). Los resultados fueron obtenidos en el software del equipo y exportados en formato CSV para su posterior análisis estadístico en hojas de cálculo.

e. Determinación de volumen.

Se siguió el protocolo establecido por AACC International (2000), por el método de desplazamiento de semillas, empleando semillas de chí (granos

finos, secos y limpios) como medio desplazante (**véase Anexo 4, imagen D**). Se utilizó un recipiente graduado de vidrio borosilicato de 500 mL, previamente nivelado sobre una mesa de acero inoxidable, y las mediciones se realizaron con espátulas plásticas para evitar rotura de las galletas. Cada muestra fue introducida cuidadosamente en el recipiente para evitar que quedaran espacios de aire entre las semillas. Se registraron los volúmenes inicial (V_1) y final (V_2) mediante lectura directa en la escala graduada del recipiente. El volumen desplazado se calculó con la ecuación (3) los valores obtenidos fueron anotados en hojas de registro.:

$$\text{Volumen desplazado} = V_2 - V_1 \quad \dots (3)$$

f. Análisis del color instrumental.

Se siguió la metodología de Arteaga et al. (2021), mediante un sistema de visión computacional. Las galletas se colocaron horizontalmente dentro de una cabina negra construida en MDF (Medium Density Fiberboard), (**véase Anexo 4, imagen E**) con dimensiones aproximadas de $18.5 \times 24.5 \times 43 \text{ cm}^3$. La superficie interna de color negro mate permitió evitar reflejos, la cabina contó con iluminación LED estandarizada D65 temperatura de color 6500 K, garantizando uniformidad lumínica. Las imágenes fueron capturadas utilizando la cámara de un teléfono Motorola X-Play, conectado mediante la aplicación IP Webcam a un algoritmo desarrollado en GUIDE de MATLAB® R2016a, el cual permitió la captura, recorte y análisis de imágenes. El sistema fue calibrado previamente con un cartón patrón de color blanco para asegurar mediciones reproducibles. Los parámetros colorimétricos obtenidos correspondieron al espacio *CIELab* (L, a, b^*):

- ✓ L^* : luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
- ✓ a^* : tonalidad rojo (+) – verde (–)
- ✓ b^* : tonalidad amarillo (+) – azul (–)

Adicionalmente, se determinó la diferencia total de color (ΔE) entre las muestras y el patrón de referencia, utilizando la ecuación (4):

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad \dots (4)$$

Donde L_0^* , a_0^* y b_0^* corresponden a los valores del patrón de referencia, y L^* , a^* , b^* a los valores obtenidos en las muestras.

2.5.1.2. Características proximales:

La determinación de las características proximales se efectuó empleando diferentes estrategias metodológicas. Parte de los análisis se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, mientras que la determinación de grasa cruda, proteína y fibra se contrató como servicio externo en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM). En estos casos, las muestras se conservaron selladas al vacío y refrigeradas a 3 °C para asegurar la estabilidad de su composición proximal durante los 30 días previos al análisis (Murcia et al., 2003; Sharma y Riar, 2020; Smith et al., 2017).

a. Determinación de Humedad.

Se utilizó la metodología de INACAL (2016) (NTP 206.011). El contenido de humedad en las galletas se realizó utilizando un analizador de humedad (Sartorius®, MA35, Estados Unidos) (véase Anexo 5, imagen A), con rango de medición de 0 a 100 %, precisión de ± 0.01 % y sistema de secado por tecnología halógena. Antes del análisis, las muestras fueron trituradas en un mortero de porcelana previamente desinfectado hasta obtener un tamaño de partícula que permitiera el paso por un tamiz N.º 40 (425 μ m). Posteriormente, se pesaron 3 g de cada muestra en cápsulas de aluminio (diámetro 90 mm, capacidad 50 mL), previamente taradas en la balanza incorporada en el mismo equipo. La manipulación de las muestras se realizó con espátulas de polipropileno (PP) para evitar reacciones metálicas. El procedimiento consistió en colocar la cápsula con la muestra en el analizador, programando una temperatura de 105 °C durante 15 min con apagado automático cuando la variación de peso fue ≤ 0.001 g en 30 s. El equipo registró automáticamente el porcentaje de humedad (g/100 g). Asegurando que las diferencias entre mediciones se mantuvieran dentro de los límites de precisión establecidos por el método, no excediendo 0.2 %.

b. Determinación de porcentaje de cenizas.

Se siguió el protocolo establecido por INACAL (2016a) NTP 206.007. (1976). La determinación se realizó mediante incineración en mufla eléctrica (JSB®, Perú) con control digital y rango hasta 1000 °C (véase Anexo 5, imagen B). Para el ensayo, se emplearon crisoles de porcelana de 30 mL, los

cuales fueron precalentados a 550 °C por 1 h en la mufla, enfriados en un desecador de vidrio borosilicato con gel de sílice (Duran[®], Estados Unidos), pesados en la balanza analítica (Sartorius[®], Alemania). Se colocaron 3 g de muestra homogeneizada en cada crisol, registrando el peso inicial. Posteriormente, las muestras se sometieron a un proceso de incineración preliminar con un mechero a gas tipo Bunsen (Brand[®], Alemania), hasta eliminar el humo visible y carbonizar la materia orgánica, lo que permite un mejor rendimiento en el calcinado. Luego, los crisoles se introdujeron en la mufla a 600 °C durante 16 h. Tras el enfriamiento en desecador, se registró el peso final. El porcentaje de cenizas se calculó con la fórmula (5):

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de ceniza} \times 100}{\text{Peso de la muestra preparada para el ensayo}} \dots (5)$$

c. Determinación de acidez.

Se siguió el protocolo establecido por INDECOPI (1981), NTP 206.013. Se pesaron 5 g de muestra previamente molida con un molino de cuchillas (Retsch[®], GM 200, Alemania) y se adicionaron 50 mL de agua destilada libre de CO₂ (Alkofarma[®], Perú) en un vaso de precipitado de 250 mL. Después de agitar y filtrar, se tituló el extracto con NaOH 0.1 N (Hanna[®], Perú) en presencia de fenolftaleína (Biopharm Inc[®], Estados Unidos) como indicador, utilizando una bureta de vidrio de 50 mL, montada en un soporte universal. El punto final se identificó por la aparición de color rosado persistente por 30 s. En los casos en que el viraje no fue perceptible por el color intenso de la harina de yacón, se empleó un pH-metro (Hanna[®], modelo HI 2211, Perú) (véase Anexo 5, imagen C), calibrado previamente con soluciones tampón pH 4.01 y 7.01. Si el valor era mayor a 8.0, se consideró que se alcanzó el punto final. El porcentaje de acidez se calculó mediante la fórmula (6):

$$H = \frac{V * N * 50 * 0.090 * 100}{10 * m} \dots (6)$$

d. Determinación del porcentaje de grasas.

Se siguió el protocolo establecido por INACAL (2011), NTP 206. 017. (1981). Se determinó el contenido de grasa mediante extracción con éter de petróleo o éter etílico. Se preparó una muestra representativa de al menos 10 g, que se molió hasta pasar por un tamiz N.º 18. Se tomaron 2 g de muestra, se colocaron en un dedal de extracción (Fisherbrand[™], Estados Unidos), y se

pesó la muestra (m) junto con el matraz de Soxhlet. La muestra se secó a 100 °C hasta masa constante, luego se enfrió en un desecador. Posteriormente, se extrajo la grasa por reflujo durante 5 a 12 h, y se recuperó el solvente. El matraz con la grasa se calentó en baño maría (Fisher Scientific®, Estados Unidos) a 105 °C durante 1 h para eliminar el solvente. Después de enfriar, se pesó el matraz con la grasa y se calculó el porcentaje de grasa utilizando la diferencia de peso, mediante la formula (7) (**Ver Anexo 6**):

$$G = \frac{(P_2 - P_1) * 100}{m} \quad \dots (7)$$

e. Determinación de porcentaje de proteínas.

Se siguió la metodología establecida por García Martínez et al. (2013). El análisis se efectuó mediante el método Kjeldahl, según la norma ITINTEC-N.T.N.201.021, utilizando un digestor (Kjeldahl Velp Scientifica®, DK 20, Italia) y un destilador automático (Velp UDK 159, Italia). La digestión se realizó en balones Kjeldahl, empleando 2 g de muestra representativa a la que se adicionaron 15 mL de H₂SO₄ concentrado (Emsure®, Perú)(95 – 98 %) y un catalizador constituido por una mezcla de sulfato de cobre y sulfato de potasio, calentando hasta solución verde-azulada. Posteriormente, se destiló con hidróxido de sodio 40 %, recogiendo el amoníaco en ácido bórico 4 % con indicador mixto, y se tituló con ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.025 N (Emsure®, Perú), (**Ver Anexo 6**):

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{ml \text{ de } H_2SO_4 * \text{gasto de titulacion} * N(H_2SO_4) * 0.014}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad \dots (8)$$

$$\% \text{ de proteina} = \% \text{ Nitrogeno} * \text{Factor proteico} \quad \dots (9)$$

✓ Factor proteico = 6.25 que se usa para convertir a proteína.

f. Determinación de carbohidratos.

Se utilizo la metodología establecida por Padilla y Marin (2022) y Leal y Vargas (2017), mediante el método de carbohidratos por diferencia. El contenido de carbohidratos se determinó a partir de los resultados obtenidos en los análisis de humedad (H), cenizas (C), grasa (G) y proteína (P), restando estos valores al 100 % (**Ver Anexo 7**). La fórmula aplicada fue la ecuación (10):

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 \% - (\% H + \% C + \% G + \% P) \quad \dots (10)$$

g. Determinación de fibra bruta.

Se siguió el protocolo establecido por INDECOPI (2011), NTP 205.003: 1980 (Revisada el 2011). La determinación de fibra cruda se realizó, utilizando un sistema de digestión de fibra (Velp Scientifica®, FIWE6, Italia), con seis posiciones y control digital de temperatura. Inicialmente, las muestras de galleta fueron trituradas hasta pasar por un tamiz N.º 20 (0.841 mm) con ayuda de un molino de cuchillas (Retsch®, GM 200, Alemania). Posteriormente, se pesaron entre 4 g de muestra libre de grasa (previamente desengrasada con éter de petróleo) en crisoles de vidrio sinterizado (porosidad 2), previamente tarados en una balanza analítica (Sartorius® Entris II, Alemania), con precisión de ± 0.0001 g. La digestión ácida se realizó agregando 200 mL de solución de ácido sulfúrico al 1.25 % (Emsure®, Perú) a cada muestra, hirviendo durante 30 min bajo reflujo controlado, con agitación constante. Luego, los residuos fueron lavados con agua destilada caliente hasta neutralidad y se sometieron a digestión alcalina en condiciones similares, utilizando 200 mL de solución de hidróxido de sodio al 1.25 % (Hanna®, Perú). Una vez finalizada la digestión, las muestras se filtraron en caliente, se lavaron con agua destilada caliente, alcohol etílico 95 % (Emsure®, Perú) y acetona (SupraSolv®, Perú), y se secaron en estufa de aire forzado (Mettler®, UF110, Alemania) a 130 °C durante 2 h, hasta masa constante. Posteriormente, se pesaron y se incineraron en una mufla (Thermo Scientific®, Thermolyne F6010, Estados Unidos), a 550 °C durante 2 h, para eliminar las cenizas y obtener el peso final correspondiente a la fibra cruda. El cálculo del porcentaje de fibra cruda se realizó mediante la siguiente fórmula (**Ver Anexo 6**):

$$Fc(masa\ seca) = \frac{Fc * 100}{(100 - H)} \quad \dots (11)$$

h. Determinación de energía (Valor energético total).

Se siguió el método de Baum y Greenwood (2003) y la metodología establecida por Chugñay et al. (2019), mediante el método de estimación matemática. El valor energético total de las galletas se estimó mediante el método matemático basado en el sistema de Weende, aplicando los factores de Atwater para cada macronutriente (**Ver Anexo 8**). Los resultados de

humedad, cenizas, proteína, grasas y carbohidratos fueron previamente obtenidos en base seca. La ecuación empleada fue la ecuación (12), el cálculo se realizó en hojas de cálculo Excel, asegurando la conversión adecuada a kcal por 100 g de muestra.

$$EB = 9(EF) + 2(FB) + 4(PB) + 4(ELN) \dots (12)$$

2.5.1.3. Control de calidad microbiológica.

El análisis microbiológico se realizó para evaluar la inocuidad de las galletas elaboradas, siguiendo los lineamientos del Decreto Supremo N° 007-98-SA (1998) y la norma NTP 206.001.2016 y la RM N° 1020-2010/MINSA (2011), la **Tabla 2** se muestran los límites microbiológicos aceptables para productos de galletería. De acuerdo con la normativa, se analizaron cinco galletas independientes por formulación ($n = 5$). Se pesaron 10 g de galleta estérilmente, utilizando una cabina de flujo laminar vertical (Labconco®, Purifier Logic+ Class II B2, Estados Unidos) y se colocaron en bolsas estériles con cierre hermético con 90 mL de agua peptonada al 0.1 % (Oxoid, Australia) preparada previamente y esterilizada en autoclave a 121 °C por 15 min. La mezcla se homogeneizó en un agitador magnético con barra recubierta de PTFE (DAIHAN – KR, Perú) durante 2 min para obtener la dilución inicial (10^{-1}). A partir de esta dilución, se realizaron diluciones seriadas en tubos de ensayo estériles con pipetas automáticas (Eppendorf®, Alemania) hasta 10^{-3} . Para la cuantificación de mohos, se sembraron 0.1 mL de cada dilución por duplicado en placas de Petri de 90 mm, conteniendo Agar Papa Dextrosa (Himedia®, India) previamente fundido y enfriado a 45 °C. Las siembras se efectuaron por el método de vertido en placa (pour plate) (véase **Anexo 5, imagen D**), mezclando suavemente para distribuir uniformemente la muestra en el medio. Las placas se incubaron en una estufa bacteriológica (Memmert®, IN55, Alemania) a 25 ± 2 °C durante 48 h en condiciones aerobias. Transcurrido el tiempo de incubación, se observaron y contaron las colonias características de mohos (planas, de coloración variable), utilizando un contador de colonias digital (Stuart Equipment®, SC6, Reino Unido). Los resultados fueron expresados en Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g), y se compararon con los límites establecidos (10^2 a 10^3 UFC/g). Siguiendo los requisitos de la Dirección General de Salud Ambiental (Digesa) (2001).

Tabla 2*Límites microbiológicos para productos de panadería, pastelería y galletería*

VIII. PRODUCTOS DE PANADERÍA, PASTELERÍA y GALLETERÍA						
VIII.1 Productos de panadería y pastelería con o sin relleno y/o cobertura que no requieren refrigeración (pan, galletas y panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, galletas, obleas, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Escherichia coli</i> (*)	6	3	5	1	3	20
<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	8	3	5	1	10	10 ²
<i>Clostridium perfringens</i> (**)	8	3	5	1	10	10 ²
<i>Salmonella</i> spp. (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	—

(*) Para productos con relleno.

(**) Adicionalmente, para productos con rellenos de carne y/o vegetales.

Nota. n = número de unidades analizadas; c = número máximo de unidades que pueden exceder el valor m; m = límite microbiológico aceptable; M = límite microbiológico máximo tolerado. Fuente: NTS 071-MINSA/DIGESA-V.01 (2008).

2.5.1.4. Evaluación sensorial y aceptabilidad

Se realizó una evaluación sensorial afectiva para determinar la mejor formulación de galletas elaboradas.

Consideraciones éticas.

La evaluación sensorial se desarrolló respetando los principios éticos de investigación con seres humanos. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio, el procedimiento de evaluación, los posibles riesgos. La participación fue voluntaria, mediante la firma de un consentimiento informado previo a la evaluación. El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), asegurando el cumplimiento de la normativa vigente y la confidencialidad de los datos.

Selección de panelistas

Durante el reclutamiento se consideraron criterios de inclusión que comprendieron a estudiantes y personal administrativo de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), quienes participaron voluntariamente tras firmar consentimiento informado, con adecuada salud y disponibilidad para la evaluación sensorial.

Los criterios de exclusión incluyeron a personas que padezcan de

enfermedades respiratorias activas, alergias alimentarias conocidas a ingredientes clave (trigo, lácteos, huevos), mujeres embarazadas o en período de lactancia; consumo de alimentos, bebidas (excepto agua) o enjuagues bucales en los 30 min previos a la prueba, uso de medicamentos que alteren la percepción del gusto o el olfato.

Preparación de muestras y condiciones de inocuidad

La elaboración de galletas se realizó bajo estrictas condiciones de higiene siguiendo las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), asegurando limpieza y desinfección de equipos y superficies, así como el uso adecuado de indumentaria, gorro y mascarilla. Los ingredientes, adquiridos en establecimientos autorizados, fueron almacenados adecuadamente para preservar su calidad. El horneado a temperaturas superiores a 100 °C eliminó posibles microorganismos patógenos, confirmándose la ausencia de mohos mediante análisis microbiológico previo a la evaluación sensorial.

Diseño metodológico

La evaluación se desarrolló en dos fases.

En la primera fase, 50 consumidores seleccionados aleatoriamente, quienes aplicaron la técnica de Asociación Libre de Palabras descrita por Jauregui-García et al. (2024), identificando los 20 descriptores más recurrentes para elaborar la ficha sensorial.

En la segunda fase, 120 panelistas no entrenados, también seleccionados aleatoriamente, evaluaron las muestras mediante la técnica CATA (Check-All-That-Apply) utilizando los términos previamente generados (Meyners et al., 2014), empleando Escalas Analógicas Visuales (VAS) digitales de 10 cm de longitud adaptadas como deslizadores interactivos en formularios digitales.

Cabe señalar que la participación en ambas fases fue voluntaria y realizada en diferentes días; en consecuencia, no fue obligatorio que fueran los mismos panelistas, lo que permitió la posibilidad de coincidencias, aunque los grupos pudieron estar conformados por participantes distintos.

Condiciones de evaluación

Las pruebas se realizaron a las 8:00 a.m. en cabinas individuales de color blanco con iluminación estandarizada tipo D65 para evitar alteraciones

visuales. Los panelistas se ubicaron en cubículos separados con barreras físicas que minimizaron influencias externas. Las muestras de 10 g y 4 cm de diámetro se presentaron en platos de loza sobre servilletas blancas, acompañadas de agua mineral a temperatura ambiente para limpiar el paladar entre degustaciones.

Procedimiento de evaluación

El análisis sensorial se ejecutó en sesiones individuales de aproximadamente 20 min por panelista. Cada participante recibió cinco muestras de galletas correspondientes a las formulaciones F1, F2, F3, F4 y F5 (control), codificadas con números aleatorios de tres dígitos generados mediante tabla de números aleatorios para evitar sesgos de orden. Las muestras se presentaron de forma secuencial en orden aleatorizado según un diseño de cuadrado latino para minimizar efectos de carry-over y fatiga sensorial.

Cada porción consistió en una galleta completa de aproximadamente 10 g, servida a temperatura ambiente (23 ± 2 °C) en platos de loza blanca identificados únicamente con el código correspondiente. Las muestras se cubrieron con servilletas hasta el momento de la evaluación para preservar sus características organolépticas (**véase Anexo 5, imagen E**).

Antes de iniciar, los panelistas recibieron instrucciones sobre el uso de las escalas y realizaron una prueba de familiarización con el sistema, siguiendo protocolos establecidos por Hayes et al. (2013). La evaluación se realizó mediante escalas analógicas visuales (VAS) digitales implementadas en la plataforma SurveyMonkey, accesibles desde celulares o laptops. Cada atributo (aroma, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad global) se valoró en una línea horizontal de 10 cm con descriptores bipolares en los extremos (“me disgusta extremadamente” a “me gusta extremadamente”), desplazando un cursor deslizable hasta la posición que representaba la percepción del panelista. El sistema registró automáticamente, generando valores numéricos continuos para el análisis estadístico posterior, con precisión equivalente a las mediciones manuales tradicionales (Stubbs et al., 2001).

Entre cada muestra, se estableció un intervalo obligatorio de 2 min durante el cual los participantes enjuagaron su cavidad oral con agua mineral a temperatura ambiente y consumieron una porción de galleta de agua sin sal para neutralizar el paladar, siguiendo protocolos estandarizados de evaluación

sensorial (Blundell et al., 2010). Al finalizar la evaluación de las cinco muestras, los participantes completaron un cuestionario adicional sobre intención de compra y preferencia general.

El análisis sensorial se efectuó entre 24 y 72 h después de la elaboración, garantizando frescura y estabilidad del producto para una evaluación objetiva.

2.6. Variables.

2.6.1. Variable independiente.

- **Formulación de galletas:** cuatro niveles correspondientes a diferentes combinaciones de harina de yacón y kéfir liofilizado (sustitución de harina de trigo por harina de yacón (30:70 y 70:30) y adición de granos de kéfir liofilizados (6 % y 10 %)), incluyendo una formulación control.

2.6.2. Variables dependientes.

- **Características físicas:** Diámetro, espesor, relación diámetro/espesor, volumen, textura instrumental (dureza, trabajo de penetración), colorimetría (L^* , a^* , b^* , ΔE^*).
- **Características proximales:** Humedad, cenizas, grasas, proteínas, acidez, fibra, carbohidratos, energía.
- **Características sensoriales:** Aroma, sabor, textura, apariencia, aceptabilidad global.

Control de calidad e inocuidad (No constituye variable dependiente):

- **Análisis microbiológicos:** Recuento de mohos.

2.7. Diseño experimental.

Tipo de investigación y diseño

La presente investigación correspondió a un estudio experimental cuantitativo con enfoque explicativo, utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos correspondientes a diferentes formulaciones de galletas incluido el control. El diseño permitió evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y la adición de kéfir liofilizado sobre las características físico-proximales, microbiológicas y sensoriales del producto final.

Tratamientos experimentales

El diseño incluyó **cinco formulaciones** distribuidas completamente al azar:

- **F1:** 70 % harina de trigo + 30 % harina de yacón + 6 % kéfir liofilizado.
- **F2:** 30 % harina de trigo + 70 % harina de yacón + 6 % kéfir liofilizado.
- **F3:** 70 % harina de trigo + 30 % harina de yacón + 10 % kéfir liofilizado.
- **F4:** 30 % harina de trigo + 70 % harina de yacón + 10 % kéfir liofilizado.
- **F5 (Control):** 100 % harina de trigo + 0 % harina de yacón + 0 % kéfir.

2.8. Análisis de datos.

Los datos obtenidos fueron organizados y procesados utilizando Microsoft Excel 365 para su limpieza inicial y consolidación. Posteriormente, se aplicaron análisis estadísticos exploratorios y analíticos con el software Python v3.10.

Para determinar el cumplimiento de los supuestos estadísticos requeridos por las pruebas paramétricas (normalidad y homogeneidad de varianzas), se emplearon las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Cuando se cumplieron los supuestos, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, seguido por el test de comparaciones múltiples de Tukey para identificar diferencias significativas entre formulaciones a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, y un R^2 mínimo de 0.75.

En los casos en que no se cumplieron los supuestos de normalidad o igualdad de varianzas, se recurrió a pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis y con las posteriores comparaciones múltiples de Dunn.

El tratamiento estadístico de los datos sensoriales incluyó, además, el uso de análisis multivariado de correspondencias simples, con el fin de explorar las asociaciones que se observaron entre formulaciones y descriptores sensoriales percibidos por los consumidores. Estos análisis fueron realizados con el software Minitab v.21.

III. RESULTADOS

3.1. Características físicas de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.

El análisis de las dimensiones físicas evidenció que tanto el diámetro como el espesor y la relación diámetro/espesor (D/E) se vieron influenciados por las formulaciones, mostrando además modificaciones tras el proceso de horneado.

En cuanto al diámetro, la formulación F3 registró el mayor valor en la masa (48.22 mm), el cual se incrementó a 50.19 mm en la galleta final, confirmando la expansión durante la cocción. De manera similar, F1 pasó de 43.28 mm a 48.52 mm, y F5 de 45.73 mm a 48.84 mm, mientras que F2 mostró un aumento más moderado (42.67 a 46.37 mm). En contraste, F4 mantuvo los diámetros más bajos tanto en masa (40.80 mm) como en galleta (43.82 mm), lo que reflejó un menor grado de expansión en esta formulación.

Respecto al espesor, las formulaciones F1 y F2 experimentaron incrementos tras el horneado (de 15.75 a 17.49 mm y de 16.88 a 19.03 mm, respectivamente), lo cual indica una mayor retención de volumen en la estructura interna. Sin embargo, en F3 se observó una reducción (de 15.25 a 14.03 mm), mientras que F4 y F5 se mantuvieron con los espesores más bajos, aunque con variaciones (8.56 a 9.89 mm y 10.54 a 12.78 mm, respectivamente).

En cuanto a la relación D/E, F2 se mantuvo como la formulación con la proporción más alta, tanto en la masa (0.40) como en la galleta final (0.41), evidenciando un perfil más equilibrado entre diámetro y espesor. F1 también conservó un valor estable (0.37 a 0.36). Por el contrario, F3, F4 y F5 presentaron relaciones más bajas, situándose entre 0.21 y 0.28 tras el horneado, lo que corresponde a galletas más aplanadas en comparación con su diámetro.

En la **Tabla 3** se presentan las características dimensionales tanto de la masa como del producto final, evidenciando el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y la adición de kéfir liofilizado.

Tabla 3*Dimensiones físicas de la masa y galletas finales según formulación*

Estado	Formulación	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Relación (D/E)
Masa	F1	43.28 ^{ab} ± 3.47	15.75 ^a ± 2.31	0.37 ^{ab} ± 0.06
	F2	42.67 ^b ± 2.82	16.88 ^a ± 1.12	0.40 ^a ± 0.04
	F3	48.22 ^a ± 2.80	15.25 ^a ± 0.86	0.32 ^b ± 0.04
	F4	40.80 ^b ± 3.16	8.56 ^b ± 0.44	0.21 ^c ± 0.02
	F5	45.73 ^{ab} ± 1.17	10.54 ^b ± 0.89	0.23 ^c ± 0.02
Galleta final	F1	48.52 ^{ab} ± 1.86	17.49 ^a ± 2.57	0.36 ^a ± 0.06
	F2	46.37 ^{bc} ± 2.72	19.03 ^a ± 1.29	0.41 ^a ± 0.04
	F3	50.19 ^a ± 1.64	14.03 ^b ± 0.72	0.28 ^b ± 0.02
	F4	43.82 ^c ± 1.81	9.89 ^c ± 0.35	0.23 ^b ± 0.01
	F5	48.84 ^{ab} ± 1.43	12.78 ^b ± 0.60	0.26 ^b ± 0.01

Nota. Los valores representan el promedio ± desviación estándar. Las letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los análisis se realizaron con cinco repeticiones. El análisis estadístico se realizó por separado para masa y galleta final.

Propiedades de textura instrumental

La evaluación textural instrumental demostró que la formulación F4 presentó significativamente la mayor dureza (13.67 N) y trabajo de penetración (23.94 mJ), indicando una estructura más compacta y resistente a la deformación como se muestra en la **Tabla 4**. Las formulaciones F1, F2, F3 y F5 no mostraron diferencias significativas entre sí, exhibiendo valores de dureza entre 4.33 y 7.93 N, lo cual se asocia con una textura más deseable desde el punto de vista sensorial.

Tabla 4*Propiedades texturales instrumentales de galletas de harina de yacón*

Formulaciones	Altura (mm)	Peso (g)	Dureza (N)	Trabajo de penetración (mJ)
F1	13.18	10.33	4.33 ^b ± 1.19	8.01 ^b ± 2.14
F2	12.29	7.67	7.93 ^b ± 2.53	12.20 ^b ± 3.53
F3	14.68	9.00	5.53 ^b ± 1.18	10.16 ^b ± 1.65
F4	8.89	7.67	13.67 ^a ± 2.32	23.94 ^a ± 4.35
F5	11.01	5.67	4.43 ^b ± 1.29	7.23 ^b ± 2.15

Nota. Los valores representan el promedio ± su desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según el Test de Tukey a un 5 % de significancia. Los análisis se realizaron por triplicado.

Volumen específico

El análisis volumétrico (**Tabla 5**) reveló que la formulación control F5 (100 % harina de trigo) presentó el mayor volumen desplazado expresado como volumen específico (13.78 mL), siendo significativamente superior ($p < 0.05$) a F1 (8.74 mL). Este resultado sugiere que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón reduce el volumen específico de las galletas, posiblemente debido a las diferentes propiedades funcionales de los ingredientes y su impacto en la formación de la estructura durante el horneado.

Tabla 5

Comportamiento de la masa volumen de la galleta de yacón

Formulaciones	Masa inicial	Masa final	Volumen específico
F1	685.60	676.86	8.74 ^b $\pm$ 3.32
F2	685.60	676.42	9.18 ^{ab} $\pm$ 2.27
F3	685.60	675.10	10.50 ^{ab} $\pm$ 1.87
F4	685.60	674.99	10.61 ^{ab} $\pm$ 2.55
F5	685.60	671.82	13.78 ^a $\pm$ 2.48

Nota. Los valores representan el promedio $\pm$ su desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según el Test de Tukey a un 5 % de significancia. Los análisis se realizaron con cinco repeticiones.

Análisis colorimétrico

El análisis instrumental del color permitió cuantificar de forma objetiva las variaciones cromáticas entre las distintas formulaciones de galletas. En la **Tabla 6**, se observaron que existieron diferencias significativas en los parámetros L*, a* y b*, lo que refleja cambios en la luminosidad, tonalidad y saturación del color atribuibles a la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y a la adición de gránulos de kéfir liofilizado. La mayor luminosidad (L*) correspondió a la formulación F5 (90.53), mientras que F2 presentó la mayor intensidad de color rojo ($a^* = 21.28$), diferenciándose significativamente de F1 y F5; esta última mostró valores negativos en a* (-0.56), indicando una ligera tendencia hacia tonalidades verdosas. En cuanto al componente amarillo (b*), F1 registró el valor más alto (78.25), diferenciándose significativamente de F4 y F5, que exhibieron amarillos menos intensos.

Respecto a la diferencia total de color (ΔE^*), se observó que todas las formulaciones presentan valores cercanos entre sí, lo que indica que, pese a las variaciones en L^* , a^* y b^* , la percepción global del cambio de color frente al control es similar. Los valores de ΔE^* se encuentran dentro de un rango que, según la escala de apreciación visual, corresponde a diferencias fácilmente detectables por el ojo humano, (**Ver Anexo 10**), lo que sugiere que las modificaciones en la formulación influyeron de forma consistente en la apariencia visual del producto. Este patrón evidencia que el control (F5) posee una coloración más clara y menos saturada, mientras que las demás formulaciones presentan matices más intensos y cálidos.

Tabla 6

Parámetros colorimétricos (L , a^ , b^* , ΔE^*) de galletas de yacón*

Formulaciones	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
F1	83.31 ^b ± 1.81	10.75 ^b ± 3.02	78.25 ^a ± 1.91	30.58 ^a ± 0.44
F2	79.83 ^b ± 1.81	21.28 ^a ± 2.78	72.36 ^{ab} ± 4.14	32.48 ^a ± 4.44
F3	83.60 ^b ± 2.16	15.25 ^{ab} ± 5.11	75.61 ^{ab} ± 1.57	30.28 ^a ± 3.98
F4	83.82 ^b ± 0.42	15.51 ^{ab} ± 1.05	71.37 ^b ± 0.70	26.84 ^a ± 0.94
F5	90.53 ^a ± 0.59	-0.56 ^c ± 0.63	50.96 ^c ± 1.51	0.00 [±] 0.00

Nota. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según el Test de Tukey a un 5 % de significancia. L^* : luminosidad; a^* : rojo (+)/verde (-); b^* : amarillo (+)/azul (-); ΔE^* : diferencia total de color respecto al control. Los análisis se realizaron por triplicado.

3.2. Características proximales de las galletas de yacón y kéfir liofilizado.

Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las formulaciones en la mayoría de los parámetros analizados como se muestra en la **Tabla 7**.

En cuanto a la humedad, las formulaciones F1, F2 y F3 no difirieron significativamente entre sí (7.29 – 7.01 %), pero sí respecto a F4 y F5, que presentaron valores menores (5.99 – 5.81 %), lo que sugiere una mayor estabilidad de estas últimas frente al deterioro microbiológico.

El contenido de cenizas presentó diferencias significativas, siendo mayor en F3 (1.94 %) y F4 (1.53 %), mientras que F5 registró el valor más bajo (0.76 %), indicando un menor aporte de minerales en la formulación control.

Respecto a las grasas, F1 (21.17 %) y F3 (21.04 %) no mostraron diferencias significativas entre sí y presentaron los mayores contenidos, en contraste con F5 (16.85 %), que tuvo el menor valor. Esto guarda relación directa con el mayor aporte energético en las formulaciones con más lípidos.

En el caso de las proteínas, se observaron diferencias significativas en todas las formulaciones. F5 presentó el valor más alto (6.69 %), mientras que F2 registró el más bajo (3.68 %), evidenciando que la adición de harina de yacón y kéfir modificó de manera diferencial el perfil proteico.

En cuanto a la fibra, las formulaciones F4 (3.04 %) y F2 (2.70 %) fueron estadísticamente superiores a F1 y F3, mientras que F5 tuvo el menor valor (0.78 %). Esto demuestra una relación directa entre la sustitución parcial de harina de trigo y el incremento del aporte de fibra dietética.

El contenido de carbohidratos fue significativamente mayor en F4 (72.22 %) y F2 (71.12 %), en contraste con F3 (65.62 %) y F1 (66.85 %), que presentaron los valores más bajos.

En relación con la acidez, F4 (0.79 %) fue significativamente superior al resto de las formulaciones, seguido de F2 y F3 (0.65 – 0.67 %), mientras que F5 presentó el valor más bajo (0.07 %), consistente con su carácter de control sin ingredientes fermentados.

Finalmente, en cuanto al valor energético, no se observaron diferencias significativas entre F1, F2, F3 y F4 (478 – 482 kcal/100 g), pero sí respecto a F5 (462.63 kcal/100 g), lo que se relaciona con su menor contenido de grasa.

Tabla 7*Características proximales de la galleta de yacón*

Formulaciones	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Acidez (%)	Energía (kcal/100g)
F1	7.29 ^a ± 0.48	1.29 ^{ab} ± 0.47	21.17 ^a ± 0.29	4.93 ^d ± 0.08	1.53 ^b ± 0.36	66.85 ^b ± 0.89	0.46 ^d ± 0.03	480.73 ^a ± 0.80
F2	6.82 ^a ± 0.03	1.31 ^{ab} ± 0.11	19.78 ^b ± 0.17	3.68 ^e ± 0.06	2.70 ^a ± 0.15	71.12 ^a ± 0.20	0.65 ^b ± 0.00	482.56 ^a ± 2.16
F3	7.01 ^a ± 0.13	1.94 ^a ± 0.34	21.04 ^a ± 0.14	5.89 ^b ± 0.03	1.50 ^b ± 0.13	65.62 ^b ± 0.27	0.67 ^b ± 0.00	478.38 ^a ± 2.45
F4	5.99 ^b ± 0.14	1.53 ^a ± 0.06	18.10 ^c ± 0.48	5.21 ^c ± 0.02	3.04 ^a ± 0.32	72.22 ^a ± 0.88	0.79 ^a ± 0.00	478.70 ^a ± 0.26
F5	5.81 ^b ± 0.32	0.76 ^b ± 0.12	16.85 ^d ± 0.30	6.69 ^a ± 0.06	0.78 ^c ± 0.04	70.68 ^a ± 0.09	0.07 ^e ± 0.00	462.63 ^b ± 2.40

Nota. Los valores representan el promedio ± su desviación estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos según el Test de Tukey a un 5 % de significancia. Los análisis se realizaron por triplicado.

3.3. Control de inocuidad microbiológica previo al análisis sensorial.

El control de inocuidad microbiológica se realizó mediante recuento de mohos según metodología International Organization for International Standardization (1998), ISO 21527-2:2008 y Devries (1998) que plantea el método AOAC 997.02. Los resultados se presentan en la **Tabla 8**.

Todas las formulaciones evaluadas (F1, F2, F3, F4 y F5) presentaron ausencia de crecimiento fúngico con recuentos de 0 UFC/g. Los valores obtenidos se ubicaron por debajo del límite microbiológico “m” establecido (10^2 UFC/g) según la NTP 206.001.2016 para productos de panadería, pastelería y galletería.

Los criterios de evaluación clasificaron todas las muestras como “ACEPTABLE” para el parámetro de mohos evaluado. Este resultado confirmó que las formulaciones, tanto las experimentales con sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y adición de kéfir liofilizado como el control, cumplieron con los estándares microbiológicos requeridos para garantizar la inocuidad del producto previo a la evaluación sensorial.

Tabla 8

Control microbiológico de mohos en galletas de yacón y kéfir liofilizado

Tratamiento	n	Límite (UFC/g)		Resultado (UFC/g)	Criterio de Evaluación
		m	M		
F1	5	100	1000	0	Aceptable
F2	5	100	1000	0	Aceptable
F3	5	100	1000	0	Aceptable
F4	5	100	1000	0	Aceptable
F5	5	100	1000	0	Aceptable

Nota. Análisis realizado según ISO 21527-2:2008 y AOAC 2012.05. Criterios microbiológicos según NTP 206.001.2016. Los análisis se realizaron con 5 repeticiones; m = límite microbiológico aceptable; M = límite microbiológico máximo aceptable.

3.4. Evaluación sensorial y aceptabilidad de las galletas de yacón

La evaluación sensorial se realizó con 120 panelistas no entrenados mediante escalas analógicas visuales (VAS) digitales de 10 cm implementadas en SurveyMonkey. Los resultados de los atributos sensoriales y aceptabilidad global se presentan en la **Tabla 9**.

Las formulaciones F5 y F1 obtuvieron los puntajes más elevados en todos los atributos evaluados. F5 registró la mayor aceptabilidad global con 72.47 puntos, seguida por F1 con 71.73 puntos, sin diferencias estadísticamente significativas

($p > 0.05$) entre ambas formulaciones. Las formulaciones F2, F3 y F4 presentaron puntajes significativamente menores, con valores de aceptabilidad global de 61.75, 64.89 y 65.02 puntos respectivamente.

En el atributo aroma, F5 obtuvo el mayor puntaje (71.63), seguida por F1 (68.09), sin diferencias significativas entre ellas. Para el atributo sabor, F5 registró 77.70 puntos y F1 alcanzó 70.93 puntos, manteniéndose ambas en el mismo grupo estadístico. En aspecto visual, F5 presentó 75.90 puntos, mientras que F1 obtuvo 72.24 puntos.

Tabla 9

Atributos sensoriales y aceptabilidad global de galletas de yacón y kéfir liofilizado

Formulaciones	Aroma	Sabor	Aspecto	Aceptabilidad global
F1	68.01 ^{ab} ± 24.19	70.93 ^{ab} ± 20.58	72.24 ^{ab} ± 19.65	71.73 ^{ab} ± 19.19
F2	61.33 ^b ± 23.62	64.40 ^{bc} ± 21.55	61.79 ^c ± 22.53	61.75 ^c ± 21.62
F3	63.42 ^b ± 22.94	62.90 ^c ± 22.49	66.63 ^{bc} ± 21.71	64.89 ^{bc} ± 22.69
F4	61.31 ^b ± 22.30	64.97 ^{bc} ± 21.79	62.64 ^c ± 23.95	65.02 ^{bc} ± 21.69
F5	71.63 ^a ± 23.51	77.70 ^a ± 21.29	75.90 ^a ± 21.83	72.47 ^a ± 18.99

Nota. Los valores representan el promedio ± desviación estándar (n=120). Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según Test de Tukey. Evaluación mediante escalas analógicas visuales (VAS) digitales de 10 cm en SurveyMonkey.

3.5. Análisis de correspondencias múltiples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas.

El análisis global de correspondencias múltiples integró simultáneamente los diferentes descriptores sensoriales (aroma, sabor, color, textura, sensación en boca y percepción del gusto), explicando 85.94 % de la variabilidad total (Componente 1: 65.54 %; Componente 2: 20.40 %). Esta elevada proporción indica una representación bidimensional adecuada para describir las asociaciones entre formulaciones y atributos sensoriales, como se muestra en la **Figura 4**.

En el mapa biplot se observa que la formulación control (F5) se ubicó en el cuadrante izquierdo, estrechamente relacionada con descriptores positivos como “dulce”, “agradable”, “crujiente” y la categoría de aceptación “Me gusta”. Este

agrupamiento refleja su perfil sensorial equilibrado y tradicional, caracterizado por una textura firme, sabor dulce y elevada preferencia por parte de los consumidores.

La formulación F1 se posicionó en la zona central inferior, próxima a los descriptores “suave”, “arenosa” y “agradable”, indicando un perfil sensorial intermedio con buenas cualidades de textura y sensación en boca, pero sin predominancia marcada de ningún atributo.

Las formulaciones F2 y F4 se situaron hacia el cuadrante superior derecho, asociadas con los descriptores “caramelizado”, “tostado”, “quebradiza” y la categoría “No me gusta”, lo que sugirió perfiles menos preferidos por los panelistas, posiblemente debido a texturas frágiles y notas aromáticas intensas derivadas de la interacción entre el kéfir liofilizado y los componentes de la harina de yacón.

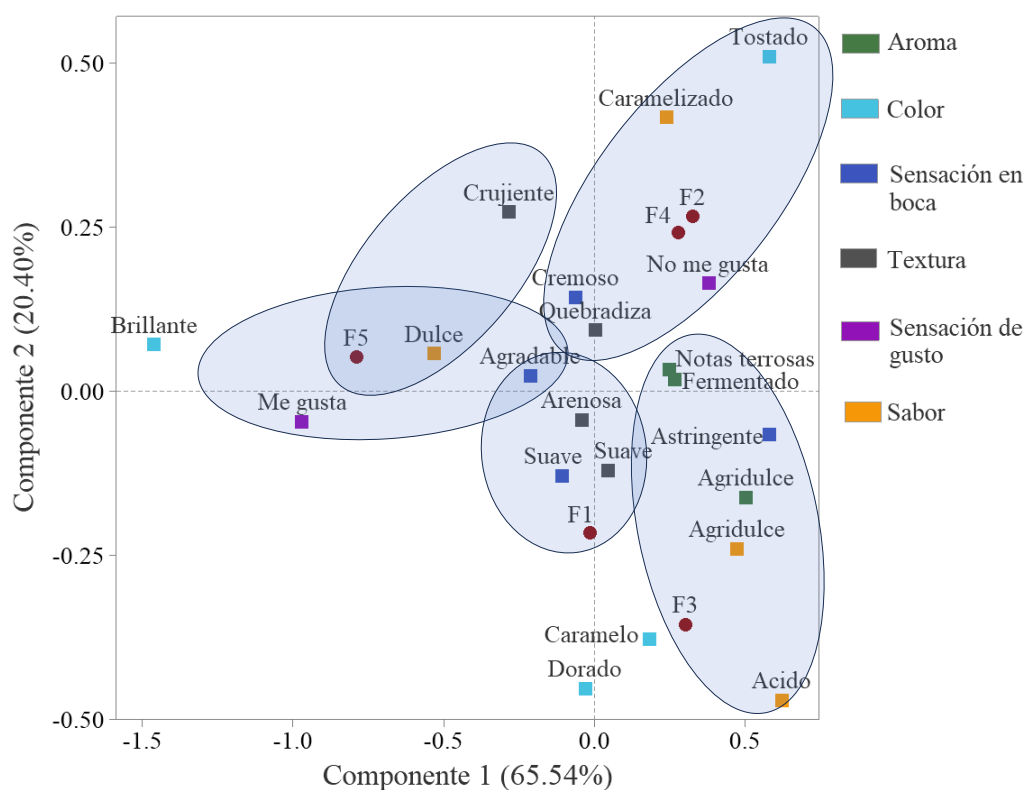
Por su parte, la formulación F3 se ubicó en el extremo derecho del gráfico, vinculada con descriptores como “ácido”, “agridulce”, “astringente”, “fermentado” y “notas terrosas”, definiendo un perfil sensorial más complejo y menos aceptado, probablemente asociado a la influencia del kéfir y a la reducción del contenido de trigo.

En general, el Componente 1 representó el eje principal de diferenciación sensorial, describiendo un gradiente desde atributos agradables y dulces (lado izquierdo) hasta características ácidas y astringentes (lado derecho). El Componente 2 distinguió matices secundarios vinculados a la intensidad aromática y características texturales.

En conjunto, el mapa sensorial revela una clara transición desde formulaciones de mayor aceptabilidad y equilibrio (F5 y F1) hacia aquellas con atributos más intensos o menos agradables (F2, F3 y F4), evidenciando el impacto de la sustitución de harina de trigo por harina de yacón y la incorporación de kéfir liofilizado sobre la percepción global del producto.

Figura 4

Análisis de correspondencias simples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas



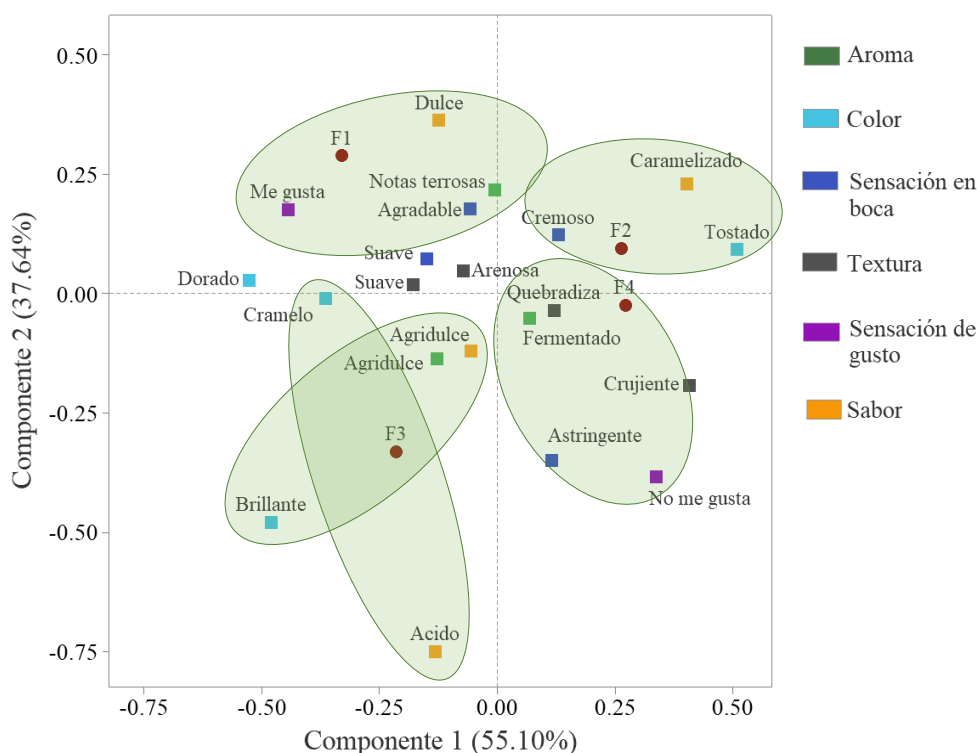
El análisis de correspondencias múltiples explicó 92.74 % de la variabilidad total (Componente 1: 55.10 %, Componente 2: 37.64 %). En el biplot se observa una clara diferenciación entre las formulaciones evaluadas, como se muestra en la **Figura 5**.

La formulación F1 se asoció con descriptores dulce, agradable, suave y con la categoría “Me gusta”, reflejando un perfil sensorial equilibrado y de alta aceptación.

La formulación F2 se vinculó con atributos caramelizado, tostado y cremoso, indicando un perfil aromático más complejo. La formulación F4 se ubicó próxima a los descriptores quebradiza y fermentado, no me gusta y astringente sugiriendo una textura frágil y un aroma más intenso. Por su parte, la formulación F3 se asoció con descriptores ácido, agridulce, caramelo y brillante, definiendo un perfil más ácido y distintivo, aunque menos vinculado con las sensaciones de agrado.

Figura 5

Análisis de correspondencias simples entre los descriptores sensoriales y las formulaciones de galletas (sin considerar F5)



La **Figura 6**, muestra el perfil comparativo de las cinco formulaciones de galletas (F1–F5), considerando atributos sensoriales (sabor, aroma, aspecto y aceptabilidad global) junto con parámetros físicos (dureza) y proximales (proteínas y energía). Debido a que estas variables se expresan en diferentes unidades de medida, se aplicó una estandarización con puntuaciones z, la cual transforma los datos en valores con media igual a cero y desviación estándar igual a uno. Este procedimiento permite comparar de manera equitativa las tendencias relativas de cada atributo, sin que las diferencias de escala distorsionen la interpretación.

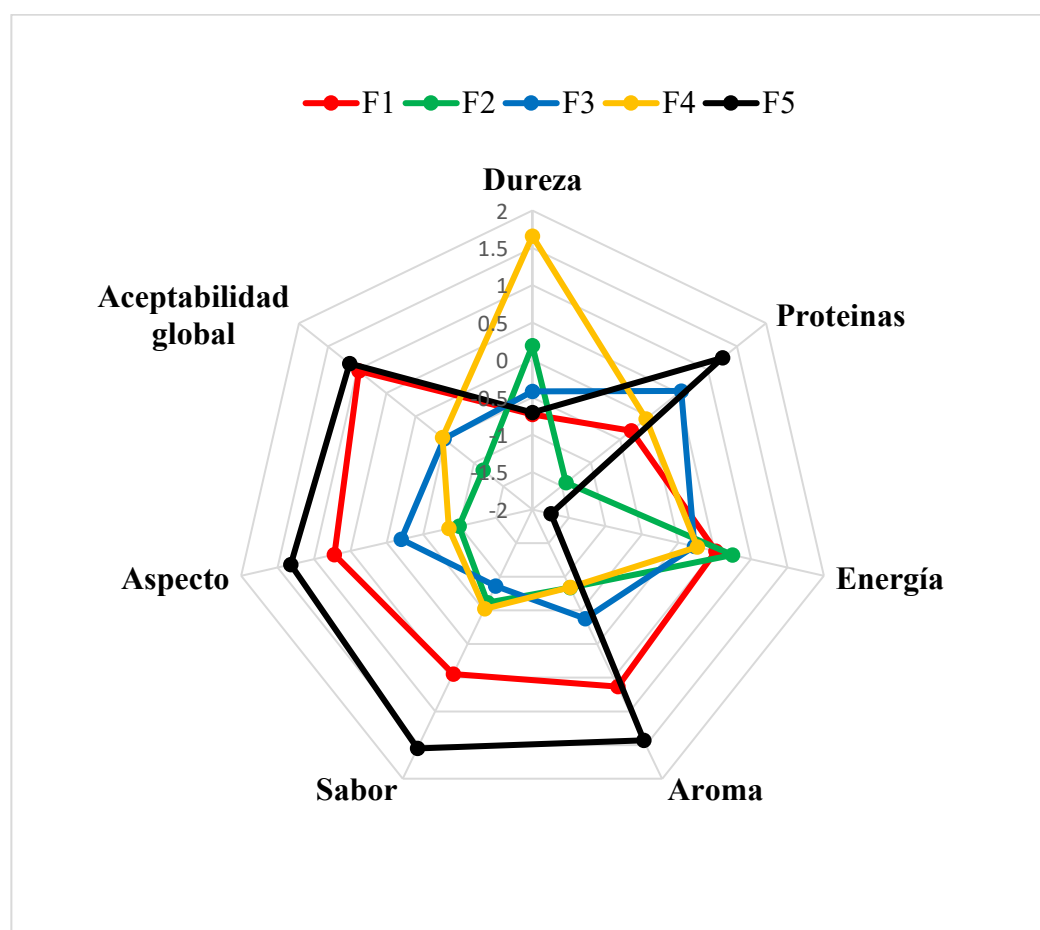
En el gráfico se aprecia que la formulación F5 (línea negra) presenta los valores más altos en los atributos sensoriales de sabor, aroma, aspecto y aceptabilidad global, lo que indica una mayor preferencia por parte de los panelistas. Además, exhibe una puntuación elevada en contenido proteico, lo que sugiere un perfil nutricional favorable.

La formulación F4 (línea amarilla) destaca principalmente por su mayor dureza, lo que podría estar asociado a un contenido de sólidos o estructura más

compacta, aunque con una menor valoración sensorial. En contraste, F2 (línea verde) muestra puntuaciones más bajas en la mayoría de los atributos, reflejando una menor aceptación global. Las formulaciones F1 (roja) y F3 (azul) presentan comportamientos intermedios, mostrando un balance moderado entre características físicas y sensoriales.

Figura 6

Perfil general de las galletas según sus atributos sensoriales, sus características físicas y proximales



Nota. Los valores de las características físicas, proximales y sensoriales se han estandarizado (estandarización con puntuaciones z) para poder representarlas en un solo gráfico.

IV. DISCUSIÓN

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón y la adición de kéfir liofilizado mostraron efectos diferenciados sobre las características físicas de las galletas.

En las características físicas, el control (F5) presentó el mayor volumen (13.78 mL), mientras que las formulaciones F1 y F2 mostraron descensos notables (8.74 y 9.18 mL), reflejando una menor capacidad de retención gaseosa asociada a la reducción de gluten (Birch y Bonwick, 2019). En la masa inicial, F2 presentó la relación diámetro/espesor más equilibrado con 0.40, mientras que F4 y F5 quedaron en rangos bajos (0.21 – 0.23), anticipando una menor estabilidad estructural, tras el horneado, la galleta final confirmó estas tendencias: F3 logró el mayor diámetro con 50.19 mm, pero a costa de un espesor reducido (14.03 mm), resultando en una relación baja de 0.28 evidenciando expansión lateral sin suficiente soporte vertical. Por el contrario, F1 y F2, aunque no superaron al control en diámetro (48.52 y 46.37 mm frente a 48.84 mm), alcanzaron espesores superiores (17.49 y 19.03 mm frente a 12.78 mm), logrando relaciones más equilibradas (0.36 – 0.41). En conjunto, estos resultados muestran que sustituciones moderadas con yacón y kéfir permiten conservar una forma más estable y atractiva, mientras que niveles más altos favorecen la expansión lateral y la pérdida de estructura, en concordancia con lo señalado por (Derkanosova et al., 2022; Gouvea et al., 2021; Krajewska y Dziki, 2023), sobre los efectos de la reducción de gluten en productos horneados.

La evaluación instrumental de textura mostró diferencias marcadas entre las formulaciones, F4 presentó la mayor dureza (13.67 N) y trabajo de penetración (23.94 mJ), indicando una estructura más compacta y rígida. En contraste, F1 (4.33 N; 8.01 mJ) mostró una textura significativamente más blanda, asociada a su mayor contenido de grasa frente al control F5 (4.43 N; 7.23 mJ) (Sharma et al., 2024). Las formulaciones F2 (7.93 N; 12.20 mJ) y F3 (5.53 N; 10.16 mJ) mostraron valores intermedios, lo que sugiere que niveles moderados de sustitución permiten mantener características mecánicas aceptables sin llegar a la excesiva firmeza observada en F4.

En cuanto al color, la luminosidad (L^*) fue mayor en el control F5 (90.53), mientras que las formulaciones con yacón mostraron valores más bajos (79.83 –

83.82), reflejando tonos más oscuros debido a la intensificación de las reacciones de Maillard y caramelización de azúcares reductores del yacón (Derkanosova et al., 2022; Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021). El parámetro a^* cambió de valores negativos en F5 (-0.56), asociados a un matiz verdoso, a valores positivos en F1 – F4 ($10.75 - 21.28$), que evidencian la aparición de tonos rojizos. De manera similar, b^* aumentó de (50.96 en el control) a ($71.37 - 78.25$) en las formulaciones con yacón, indicando mayor intensidad de pigmentos amarillos y dorados derivados de la caramelización (Granados et al., 2021). Finalmente, el ΔE^* confirmó diferencias perceptibles en el color entre todas las formulaciones con yacón respecto al control ($26.84 - 32.48$), cambios fácilmente detectables por el ojo humano y que, si bien son tecnológicamente explicables por el mayor contenido de azúcares reductores en el yacón, pueden influir directamente en la apariencia y aceptación sensorial del producto (Derkanosova et al., 2022; Granados et al., 2021; Krajewska y Dziki, 2023; Simanca-Sotelo et al., 2021)

El análisis proximal permitió evidenciar cambios significativos en la composición nutricional de las galletas. El contenido de humedad fue ligeramente superior en las formulaciones con yacón ($5.99\% - 7.29\%$), frente al control (5.81%), lo que se asocia al mayor contenido de azúcares reductores y al comportamiento higroscópico de la harina de yacón, capaz de absorber y retener agua durante el horneado, estos resultados se respaldan con la revisión de Krajewska y Dziki (2023), que destaca cómo la adición de fibra proveniente de frutas puede potenciar las propiedades de hidratación en productos horneados. El contenido de cenizas se incrementó notablemente en las formulaciones con yacón ($1.29\% - 1.94\%$ frente al control 0.76%), sugiriendo mayor aporte de micronutrientes esenciales, aunque los valores fueron menores a los registrados por Simanca-Sotelo et al. (2021), con 2.22% y 1.42% en el control a un rango de 2.18% a 3.47% en las galletas con yacón por (Granados et al., 2021). Estas diferencias podrían atribuirse a la variabilidad mineral del tubérculo influenciada por las condiciones de cultivo y procesamiento, especialmente en potasio, calcio y fósforo (Sharma et al., 2024; Simanca-Sotelo et al., 2021)

El contenido de grasa fue mayor en las formulaciones con yacón y kéfir (21.17% en F1 y 21.04% en F3) respecto al control (16.85%), atribuibles al aporte lipídico

del kéfir y a la interacción de sus compuestos grasos con la matriz proteica (Vimercati et al., 2020). Las formulaciones (F2 y F4) mostraron valores menores (19.78 % y 18.10 %), evidenciando un efecto dilucional de la harina de yacón sobre los lípidos totales de la matriz. Todas las formulaciones superaron el límite de grasa establecido por Qali Warma (≤ 15 %); sin embargo, según las directrices de, da Silva et al. (2024) sobre la OMS (2023), su aporte energético (480.73 kcal/100 g) equivale al 24 % de la ingesta diaria recomendada, manteniéndose dentro del rango aceptable para una dieta equilibrada.

El contenido proteico mostró una disminución en las formulaciones con kéfir y yacón (F2: 3.68 % y F3 5.89 %) frente al control que alcanzó 6.69 %, evidenciando que la reducción se asocia tanto al menor contenido de proteínas en la harina de yacón (Sharma et al., 2024), como a las posibles interacciones entre proteínas lácteas del kéfir y las de la harina de trigo durante el horneado, que afectan la retención de nitrógeno (Limbad et al., 2020). Sin embargo, el kéfir podría mejorar la calidad proteica al aportar caseínas y proteínas séricas digeribles (Azizi et al., 2021; Limbad et al., 2020).

La fibra dietética, aumento notablemente en F2 y F4 (2.70 % – 3.04 %), frente al control (0.78 %), lo que representa incrementos de hasta 290 %, resultados similares fueron reportados por Granados et al. (2021), donde la incorporación del 30 % de yacón elevó la fibra de 1.26 % en el control a 2.02 %; esta tendencia confirma que el incremento de fibra está directamente relacionado con el nivel de sustitución de harina de yacón, debido al aporte de fructooligosacáridos con efecto prebiótico (Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021).

El comportamiento de los carbohidratos mostró variaciones asociadas a la sustitución de harina de trigo por harina de yacón, las formulaciones F1 (66.85 %) y F3 (65.62 %) registraron reducciones significativas respecto al control F5 (70.68 %), esta disminución se explica por el menor contenido de almidón en la harina de yacón en comparación con la de trigo (Leonie et al., 2020; Sharma et al., 2024), así como por la sustitución parcial por fructooligosacáridos (FOS), que se comportan como fibra prebiótica no digerible (Simanca-Sotelo et al., 2021).

En cuanto al valor energético de las galletas osciló entre 462.63 kcal/100 g en el control (F5) y 482.56 kcal/100 g en la formulación F2. Las formulaciones F1, F2, F3 y F4 (480.73, 482.56, 478.38 y 478.70 kcal/100 g, respectivamente)

presentaron un mayor aporte calórico respecto al control, lo que se relaciona con sus mayores contenidos de grasa y proteína. Estos valores se encuentran dentro del rango esperado para galletas dulces, lo que respalda su coherencia con productos similares reportados en la literatura, Simanca-Sotelo et al. (2021) registraron un valor energético de 386.04 kcal/100 g en su formulación más equilibrada (70:30), y Granados et al. (2021) informaron 433.36 kcal/100 g con la misma proporción de sustitución, ambos significativamente menores a los obtenidos en este estudio. Esta diferencia puede atribuirse a las formulaciones de los autores previos tuvieron un menor aporte lipídico y proteico, mientras que en este caso la inclusión de kéfir liofilizado y las variaciones de sustitución con harina de yacón incrementaron dichos macronutrientes, compensando la reducción de carbohidratos y elevando el aporte calórico final.

La acidez titulable se incrementó significativamente en las galletas con kéfir, con valores de 0.46 % a 0.79 %, frente a 0.07 % en el control, este incremento se explica por la producción de ácidos orgánicos, principalmente láctico y acético, derivados del metabolismo microbiano del kéfir, los cuales influyen en el perfil sensorial aportando un ligero carácter ácido característico de productos fermentados (Azizi et al., 2021; Husni et al., 2024; Vimercati et al., 2020).

Al comparar las formulaciones con el control, el análisis permitió identificar que F1 fue la más equilibrada, manteniendo características físicas cercanas al control, un contenido calórico competitivo (480.73 kcal/100 g) y una aceptabilidad sensorial estadísticamente similar a la galleta tradicional. En cambio, niveles elevados de sustitución (F2, F3 y F4) afectaron parámetros como textura y sabor, lo que coincide con Granados et al. (2021), quienes señalan que proporciones de yacón superiores al 30 % comprometen la calidad tecnológica y sensorial. Así, la mejor formulación resultó ser aquella con sustitución moderada, demostrando la necesidad de un balance entre beneficios funcionales y aceptación del consumidor.

El control microbiológico de mohos se realizó al día siguiente de la elaboración y antes de la evaluación sensorial, para asegurar que el producto se estabilizara tras el horneado y reflejar de manera fiel la condición microbiológica al momento del consumo, evitando sesgos por posibles contaminaciones posteriores, siguiendo las normas ISO 21527-2:2008 y AOAC (997.02/2012.05). Solo se evaluaron mohos, ya que, según los lineamientos del Decreto Supremo N° 007-98-SA (1998) y la

norma NTP 206.001.2016 y la RM N° 1020-2010/MINSA (2011), establecen los límites microbiológicos aceptables para productos de repostería, indican que para productos sin relleno como galletas, estos son los principales indicadores de deterioro y seguridad microbiológica, siendo suficiente para garantizar la inocuidad del producto. En todas las formulaciones (F1 – F5) se registró ausencia de crecimiento fúngico (0 UFC/g), muy por debajo de los límites establecidos por la NTP 206.001.2016 ($m = 10^2$ UFC/g; $M = 10^3$ UFC/g), clasificándose como ACEPTABLES. Esta ausencia de crecimiento, incluso en formulaciones con harina de yacón y kéfir liofilizado, puede explicarse por las propiedades intrínsecas de los ingredientes: la harina de yacón, al ser deshidratada y con baja actividad de agua, no favorece el desarrollo microbiano (Granados et al., 2021; Simanca-Sotelo et al., 2021), mientras que el kéfir aporta metabolitos antimicrobianos como ácidos orgánicos y bacteriocinas que inhiben patógenos (Azizi et al., 2021). En conjunto, los resultados confirman que la incorporación de estos ingredientes no compromete la inocuidad y refuerza su viabilidad tecnológica en productos de panificación.

La evaluación sensorial reveló que tanto el control (72.47) como F1 (71.73) alcanzaron los puntajes más altos de aceptabilidad global, sin diferencias significativas entre ellos, lo que indica que la sustitución parcial de harina de trigo por yacón al 30 % con adición de 6 % de kéfir es viable comercialmente, pues conserva atributos sensoriales comparables a una galleta tradicional. En contraste, F2, F3 y F4 (61.75 – 65.02) evidenciaron menores niveles de aceptación, reforzando que sustituciones extremas impactan negativamente en la palatabilidad, resultados similares fueron reportados por Granados et al. (2021) y Simanca-Sotelo et al. (2021), quienes también observaron que niveles moderados de yacón mantienen la aceptabilidad, mientras que proporciones más altas disminuyen textura y sabor.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón (30 %) con adición de kéfir liofilizado (6 %) mantuvo la estabilidad dimensional y textura similares al control. Sustituciones superiores (70 % yacón, 10 % kéfir) generaron galletas más oscuras, rígidas y estructuralmente inestables, confirmando que la proporción de sustitución determina la calidad tecnológica final.

La incorporación de yacón y kéfir mejoró el perfil nutricional respecto al control: incrementó la fibra dietética (hasta 290 %) y cenizas (hasta 155 %), mientras redujo carbohidratos por menor contenido de almidón. El valor energético (462.63 – 482.56 kcal/100 g) se mantuvo dentro del rango estándar para galletas dulces, con incrementos atribuibles al mayor contenido de proteínas y grasas del kéfir, sin comprometer el aporte calórico global.

La formulación F1 (70 % trigo + 30 % yacón + 6 % kéfir) mostró el mejor equilibrio físico-nutricional-sensorial, con diferencias mínimas frente al control, demostrando la viabilidad de incorporar estos ingredientes sin afectar la aceptabilidad.

Todas las formulaciones cumplieron los límites microbiológicos normativos (ausencia de mohos), confirmando que la adición de yacón y kéfir no compromete la inocuidad y aporta factores antimicrobianos que refuerzan la estabilidad del producto.

La formulación F1 alcanzó una aceptación sensorial estadísticamente similar al control (71.73 vs. 72.47 puntos, $p > 0.05$), validando su viabilidad comercial. Mayores niveles de sustitución redujeron significativamente la preferencia (61.75 – 65.02 puntos, $p < 0.05$), evidenciando la necesidad de equilibrar la sustitución y adición de ingredientes con la aceptación del consumidor.

En conjunto, la formulación F1 constituye la alternativa óptima al integrar seguridad microbiológica, estabilidad tecnológica e innovación, demostrando el potencial de yacón y kéfir liofilizado para el desarrollo de productos horneados con valor agregado y proyección comercial.

5.2. Recomendaciones

Para la comunidad científica, se recomienda profundizar en técnicas avanzadas de protección probiótica, incluyendo la microencapsulación con matrices naturales, la optimización de crioprotectores y la selección de cepas con mayor termo-resistencia. Adicionalmente, resulta prioritario realizar estudios in vivo orientados a evaluar la biodisponibilidad de los fructooligosacáridos del yacón y la viabilidad de *Lactobacillus* spp. en condiciones gastrointestinales simuladas.

Para investigadores en tecnología de alimentos, se sugiere continuar esta línea de trabajo utilizando como base la formulación F1, evaluando ajustes en la proporción de ingredientes, particularmente en el rango de 4 a 8 % de adición de kéfir liofilizado. Asimismo, se recomienda la incorporación de biopolímeros de origen natural (alginato, pectina, quitosano) para incrementar la protección celular durante el proceso térmico, así como optimizar los parámetros de horneado en un rango de 130 a 150 °C durante 8 a 12 minutos.

Para especialistas en procesamiento industrial, se plantea la necesidad de desarrollar estudios de estabilidad durante almacenamiento con énfasis en la evolución de fructooligosacáridos, la viabilidad probiótica en periodos de 6 a 12 meses, la vida útil sensorial y nutricional, así como la estabilidad de propiedades físicas bajo condiciones ambientales variables (temperatura, humedad relativa).

Para profesionales de áreas de marketing y desarrollo de productos, se recomienda implementar análisis de consumidor enfocados en la percepción de valor agregado asociado a las propiedades simbióticas, la disposición de pago por productos con posicionamiento premium, y la formulación de estrategias de comunicación que destaquen los beneficios funcionales de forma diferenciada.

Para desarrolladores de productos específicos, resulta estratégico explorar formulaciones dirigidas a grupos poblacionales con requerimientos particulares (diabéticos, adultos mayores, población infantil), con la finalidad de consolidar el desarrollo de productos horneados simbióticos y funcionales con alta viabilidad probiótica y potencial impacto en la salud pública.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC International. (2009). Approved methods of the american association of cereal chemists. En AACC International (Ed.), *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. (11th ed.). AACC International.
<https://dx.doi.org/10.1094/aaccintmethod-10-05.01>
- Abozed, S. S. ., Ahmed, Z. S., Abd El-Kader, A. E., y Mohamed, R. K. (2024). Characterization of physicochemical, antioxidant, and sensory quality of cookies enriched with microencapsulated ginger extracts as a functional ingredient. *Egyptian Journal of Chemistry*, 67(8), 525–535.
<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2024.239223.8714>
- Arteaga, H., Robleto-Martinez, E., Carolina de Sousa Silva, A., Souto, S., Batista, J., y Xavier Costa, E. J. (2021). Postharvest freezing process assessment of the blueberry structure in three acts: Bioimpedance, color, and granulometry analysis. *LWT*, 151, 112237. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112237>
- Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Mortadza, S. A. S., y Alitheen, N. B. (2021). Kefir and its biological activities. *Foods*, 10(6), 1–26. <https://doi.org/10.3390/foods10061210>
- Baum, G., y Greenwood, I. (2003). The application of ultrasonics locating techniques to ophthalmology. Heoretic considerations and acoustic properties of ocular media: Part I. Reflective properties. *American Journal of Ophthalmology*, 46(5 PART 2), 319–329. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(58\)90813-4](https://doi.org/10.1016/0002-9394(58)90813-4)
- Bellali, S., Bou Khalil, J., Fontanini, A., Raoult, D., y Lagier, J. C. (2020). A new protectant medium preserving bacterial viability after freeze drying. *Microbiological Research*, 236(March), 126454.
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126454>
- Bestari, F. F., Andarwulan, N., y Palupi, E. (2023). Synthesis of effect sizes on dose response from ultra-processed food consumption against various noncommunicable diseases. *Foods*, 12(24), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/foods12244457>
- Birch, C. S., y Bonwick, G. A. (2019). Ensuring the future of functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1467–1485.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14060>

- Blundell, J., De Graaf, C., Hulshof, T., Jebb, S., Livingstone, B., Lluch, A., Mela, D., Salah, S., Schuring, E., Van Der Knaap, H., y Westerterp, M. (2010). Appetite control: Methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity Reviews*, 11(3), 251–270. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2010.00714.x>
- Cárdenas, M. A., y Verdugo, A. F. (2015). *Determinación de las propiedades de las galletas antes y después de hornear, realizando variaciones en la cantidad de los componentes activos* [Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/18293/u722086.pdf?sequence=1>
- Castrejon, L. (2019). *Elaboración de galletas con edulcorante natural Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) enriquecida con harina de cáscara deshidratada de piña (Ananas comosus)*. [Universidad Nacional de Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3402/Elaboración de galletas con un edulcorante natural stevia%28Stevia rebaudiana Bertoni%29 Enriquesida.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3402/Elaboración%20de%20galletas%20con%20edulcorante%20natural%20stevia%28Stevia%20rebaudiana%20Bertoni%29%20enriquecida.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chugñay Cargua, A., Ramos Flores, M., Chugñay Cargua, M., y Ramos Flores, M. E. (2019). Estudio comparativo entre el método calorimétrico y el de estimación matemática para la determinación energía bruta en subproductos agrícolas. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 19–28. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..831>
- Codex Alimentarius. (1985). Norma del codex para la harina de trigo. En *Codex Alimentarius*.
- Conde-Islas, A. águeda, Jiménez-Fernández, M., Cantú-Lozano, D., Urrea-García, G. R., y Luna-Solano, G. (2019). Effect of the freeze-drying process on the physicochemical and microbiological properties of Mexican kefir grains. *Processes*, 7(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/pr7030127>
- da Silva, I., Bragante, W. R., Moretti Junior, R. C., Laurindo, L. F. ., Guiguer, E. L. ., Araújo, A. C. ., Fiorini, A. M. R. ., Nicolau, C. C. T. ., Oshiiwa, M. ., Pereira de Lima, E. ., Barbalho, S. M. ., y Silva, L. R. (2024). Effects of *Smallanthus sonchifolius* flour on metabolic parameters: A systematic review. *Journal of Affective Disorders*, 367, 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.08.208>
- de Almeida, N., de Paula, E., Pereira, G. C., Silveira, L. R., do Amaral e Paiva, M. J., de Castro Leite Júnior, B. R., Stringheta, P. C., de Almeida Paula, D., Martins, E. M.

- F., Martins, M. L., Vieira, É. N. R., Saldaña, M. D. A., y Ramos, A. M. (2024). Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) as wall material for microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* GG: Characterization of microparticles and its use in Pitaya Jelly. *Food and Bioprocess Technology*, 18(2), 1446–1463.
<https://doi.org/10.1007/S11947-024-03526-6>
- Decreto Supremo N° 007-98-SA. (1998). Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. *Diario el peruano*, 50.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/Codex/D.S.007_98_SA.pdf
- Derkanosova, N. M., Vasilenko, O. A., Shelamova, S. A., y Derkanosov, N. I. (2022). Use of yacon in the technology of bread of graded wheat flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1052(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012034>
- Devries, J. W. (1998). Official Methods Board. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 81(1), 253–255. <https://doi.org/10.1093/JAOAC/81.1.253>
- Dirección General de Salud Ambiental (Digesa). (2001). *Manual de Análisis Microbiológico de Alimentos*.
- Gao, J., Gu, F., Ruan, H., Chen, Q., He, J., y He, G. (2012). Culture conditions optimization of tibetan kefir grains by response surface methodology. *Procedia Engineering*, 37(Cems), 132–136. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.215>
- García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., y Fuentes López, A. (2013). *Aplicación de la determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con una base fuerte*. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/29832>
- Gouvea, I. F. S., Maciel, M. P. R., Carvalho, E. E. N., Cirillo, M. Â., Boas, B. M. V., y Nachtigall, A. M. (2021). Physical, chemical and sensory characteristics of cookies made with a mixture of flours. *Research, Society and Development*, 10(5), e39410515182–e39410515182. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I5.15182>
- Granados, C., Gutiérrez Quintana, J., y Castro Pomares, K. (2021). *Elaboración de alimento funcional tipo galletas a base de harina de yacon*.
<http://doi.org/10.5281/zenodo.4661965>
- Hayes, J. E., Allen, A. L., y Bennett, S. M. (2013). Direct comparison of the generalized visual analog scale (gVAS) and general labeled magnitude scale (gLMS). *Food Quality and Preference*, 28(1), 36–44.

- <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2012.07.012>,
- Henney, A. E., Gillespie, C. S., Alam, U., Hydes, T. J., Boyland, E., y Cuthbertson, D. J. (2023). Ultra-processed food and non-communicable diseases in the United Kingdom: A narrative review and thematic synthesis of literature. *Obesity Reviews*, 25(4), 1–15. <https://doi.org/10.1111/obr.13682>
- Husni, N., Novelina, N., y Hari, P. D. (2024). Physicochemical and organoleptic characteristics of sourdough bread with kefir grain added to the starter. *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 8(3), 294–301. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i3.538>
- INACAL. (1981). Determinacion de la acidez - NTP 206.013. En *INDECOPI*. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=32977>
- INACAL. (2016a). Determinación del porcentaje de cenizas - NTP 206.007. En *Inacal: Vol. 1º Edicion* (p. 9). <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=23019>
- INACAL. (2016b). Norma Técnica Peruana 206.001. *Inacal*, 32. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/detalle.aspx?id=23526&idtv=5326>
- INACAL, D. de N. (2020). *Guia para la limpieza y desinfeccion de manos y superficies* (1º Edicion). <http://www.mimp.gob.pe/sinavol/guia-normalizacion.pdf>
- INDECOPI. (2011). Determinación de la fibra cruda. *Norma técnica Peruana, 1980*(Lima 27), 1–14. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/detalle.aspx?id=23607&idtv=5407>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2011). Determinacion del porcentaje de grasas. En *Norma Técnica Peruana NTP 206.017: Vol. 1º Edicion* (p. 8). INACAL. <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=32979>
- International Organization for Standardization. (2009). *ISO 21527-2:2008 - Microbiología de alimentos y piensos — Método horizontal para el recuento de levaduras y mohos — Parte 2: Técnica de recuento de colonias en productos con actividad de agua menor o igual a 0,95*. <https://www.iso.org/standard/38276.html>
- Jauregui-García, C. Z., Espejel-García, A., Barrera-Rodríguez, A. I., y Hern, A. (2024). Perception of wine with protection of origin using free association: case study Mexico. *Applied Food Research*, 4(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100364>

- Kelly, B., y Jacoby, E. (2018). Public health nutrition special issue on ultra-processed foods. *Public Health Nutrition*, 21(1), 1–4.
<https://doi.org/10.1017/S1368980017002853>
- Krajewska, A., y Dziki, D. (2023). Enrichment of cookies with fruits and their By-Products: chemical composition, antioxidant properties, and sensory changes. *Molecules*, 28(10). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES28104005>
- Lane, M. M., Gamage, E., Du, S., Ashtree, D. N., McGuinness, A. J., Gauci, S., Baker, P., Lawrence, M., Rebholz, C. M., Srour, B., Touvier, M., Jacka, F. N., O’Neil, A., Segasby, T., y Marx, W. (2024). Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: Umbrella review of epidemiological meta-analyses. *Bmj*.
<https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077310>
- Leal, W., y Vargas, N. R. (2017). Análisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum Vulgare*): Tapirama (*Phaseolus lunatus*) de pueblo nuevo de Paraguaná. *Centro Azúcar*, 44(2), 8–8. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v44n2/caz02217.pdf>
- Leonie, E., Machado, P., Zinöcker, M., Lawrence, M. A., y Baker, P. I. (2020). Ultra-processed food and adverse health outcomes. *The BMJ*, 365(Cvd), 1–33.
<https://doi.org/10.1136/bmj.l2289>
- Limbad, M., Maddox, N. G., Hamid, N., y Kantono, K. (2020). Sensory and physicochemical characterization of sourdough bread prepared with a coconut water kefir starter. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091165>
- Malleret, A., Velazque, M., Martinez, H., Giudici, V., Ciencias, F. De, Alimentación, D., Tavella, M., Concordia, N., y Ríos, E. (2018). Effect of different vegetable oils on physical and color characteristics in gluten-free sweet cookies enriched with blueberry raisins. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*, 1–6.
https://www.researchgate.net/publication/331983473_Effect_of_different_vegetable_oils_on_physical_and_color_characteristics_in_gluten-free_sweet_cookies_enriched_with_blueberry_raisins
- Martínez, N. S., Ruíz, O. C., Castillejos, G. R., Perales-Torres, A., y González Pérez, A. L. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3).
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/3/art-8/>

- Matos, R. A., Adams, M., y Sabaté, J. (2021). The consumption of ultra-processed foods and Non-communicable diseases in latin america. *Frontiers in Nutrition*, 8(March), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.622714>
- Meyners, M., Gmbh, G. S., y Castura, J. C. (2014). Check-All-That-Apply Questions. *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling, May 2014*, 190–221. <https://doi.org/10.1201/b16853-12>
- Molloco Condori, R., y Ventura Cabana, D. N. (2019). Elaboración de una galleta con sustitución parcial de harina de yacón(*Smallanthus Sonchifolius*)enriquecida con espirulina(*Arthrospira Platensis*). En *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (p. 182). <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11372>
- Murcia, M. A., Martínez-Tomé, M., Nicolás, M. C., y Vera, A. M. (2003). Extending the shelf-life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging. *Food Microbiology*, 20(6), 671–679. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(03\)00013-3](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(03)00013-3)
- Padilla Sánchez, G. A., y Marin Barros, E. G. (2022). *Analisis fisicoquímico de néctares de tres frutales nativos de la amazonía peruana para evaluar propiedades termofísicas que influyen en el tratamiento térmico* [Universidad Nacional De La Amazonia Peruna - UNAP]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3215/browse?type=subject&value=Jugos+de+frutas>
- Plessas, S., Trantallidi, M., Bekatorou, A., Kanellaki, M., Nigam, P., y Koutinas, A. A. (2007). Immobilization of kefir and *Lactobacillus casei* on brewery spent grains for use in sourdough wheat bread making. *Food Chemistry*, 105(1), 187–194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.065>
- Ramirez, A. (2020). *Actividad metabólica, viabilidad y exopolisacáridos de bacterias lácticas de granos de Kéfir liofilizado con potencial tecnológico en la región central* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6122>
- Rashidinejad, A. (2024). The road ahead for functional foods: Promising opportunities amidst industry challenges. *Future Postharvest and Food*, 1(2), 266–273. <https://doi.org/10.1002/fpf2.12022>
- RM N° 1020-2010/MINSA. (2011). Norma sanitaria para la fabricación, elaboración y

- expendio de productos de panificación, galletería y pastelería - RM N ° 1020-2010. *Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud*, 1–53.
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/Norma de panaderias.pdf>
- Sharma, D., Thakur, A., Sharma, R., Thakur, M., Thakur, A., Kaushal, K., y Soni, P. (2024). A review on physicochemical characteristics, phytochemical and therapeutic potential of Yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Robinson) flour. *Annals of Phytomedicine An International Journal*, 13(1), 9–16.
<https://doi.org/10.54085/ap.2024.13.1.26>
- Sharma, S., y Riar, C. S. (2020). Effect of storage period and packaging materials on textural, phenolic, antioxidant properties of cookies made from raw and germinated minor millet blends flour 1. *Food Science and Technology*, 12 N°4(1).
- Simanca-Sotelo, M., De Paula, C., Domínguez-Anaya, Y., Pastrana-Puche, Y., y Álvarez-Badel, B. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of sweet biscuits made with Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). *NFS Journal*, 22(January 2021), 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.12.001>
- Smith, E., Beamer, S. K., Matak, K. E., y Jaczynski, J. (2017). Storage stability of egg sticks fortified with omega-3 fatty acids. *Science of Food and Agriculture*, 28(3), 303–325. <https://doi.org/10.1002/j>
- Stubbs, R. J., Hughes, D. A., Johnstone, A. M., Rowley, E., Ferris, S., Elia, M., Stratton, R., King, N., y Blundell, J. E. (2001). Description and evaluation of a Newton-based electronic appetite rating system for temporal tracking of appetite in human subjects. *Physiology and Behavior*, 72(4), 615–619. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(00\)00440-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(00)00440-6)
- Tadesse, S. A., y Emire, S. A. (2020). Production and processing of antioxidant bioactive peptides: A driving force for the functional food market. *Heliyon*, 6(8), e04765. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04765>
- Texturolab. (2023). *Analizador de texturas - TexVol TVT 6700*.
<https://texturolab.com/analizador-de-texturas-ta-xt-plus/>
- Vimercati, W. C., Araújo, C. da S., Macedo, L. L., Fonseca, H. C., Guimarães, J. S., Abreu, L. R. de, y Pinto, S. M. (2020). Physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of newly developed coffee flavored kefir. *Lwt*, 123(October 2019), 109069. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109069>

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo y sincero reconocimiento al Mg. Hans Minchan Velayarce, cuya orientación académica y apoyo personal fueron fundamentales durante todo el desarrollo de esta investigación. Su dedicación, paciencia y constante disponibilidad para guiarme con excelencia científica y criterio humano marcaron de manera decisiva todas las fases del proyecto, y la culminación exitosa de este estudio no hubiera sido posible sin su permanente apoyo y motivación. Asimismo, agradezco al Dr. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz por su valiosa orientación y contribuciones académicas.

Expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), institución que me ha brindado la formación académica y humana necesaria para llevar a cabo esta investigación, a la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias, por brindarme una formación académica y profesional que ha sido clave para culminar con éxito esta etapa.

Mi más sincero agradecimiento al personal de los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Tecnología Médica, de igual manera al personal del laboratorio de Bioquímica y Biotecnología Farmacéutica de la Universidad Nacional Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNFSLB) y la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Chachapoyas (UNTRM), por su valioso apoyo y colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradezco profundamente a todas las personas que de una u otra forma brindaron su apoyo, ya sea con sus conocimientos, palabras de aliento, tiempo o colaboración directa.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para culminar esta etapa.

A mis padres, Segundo Walter Aguilar Soto y Norma Huaman Solís, a mi hermana, Fausta Leonor Aguilar Huaman, por su apoyo constante y por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Este logro también es de ustedes.

A esa presencia eterna que vive en lo más profundo de mi corazón, cuya ausencia pesa y sigue viva en mí, pero cuya memoria me empuja a ser mejor cada día. Sé que desde donde estás, celebras conmigo. Este logro también te pertenece, porque en cada paso estuviste conmigo, guiándome desde lo eterno.

Y, finalmente, a mí mismo: gracias por no rendirte. Por cada noche sin dormir, por cada lágrima transformada en fuerza, por seguir adelante aun con miedo, por creer. Hoy, con el alma agradecida, abrazo este logro con orgullo.

ANEXOS

Anexo 1

Elaboración de harina de yacón.



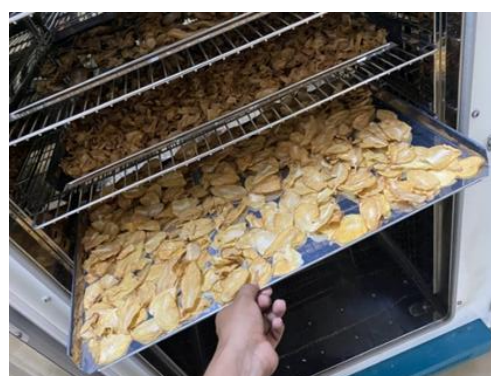
A



B



C



D



E

Nota. Proceso de obtención de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mostrando las etapas más representativas: **A.** Pesado del tubérculo para control de materia prima. **B.** Preparación de rodajas distribuidas en bandejas tras el lavado, pelado y desinfección. **C.** Blanqueado de las rodajas para inactivar enzimas y preservar color y nutrientes. **D.** Hojuelas completamente deshidratadas con textura quebradiza y coloración dorada, listas para molienda. **E.** Harina de yacón tamizada y envasada en bolsa de polipropileno biorientado, lista para su incorporación en formulaciones alimentarias.

Anexo 2

Proceso de liofilización de gránulos de kéfir.



A



B



C



D



E



F

Nota. Proceso de liofilización de gránulos de kéfir, mostrando las etapas más representativas. **A.** Recolección de los granos de kéfir. **B.** Filtrado y lavado para su preparación. **C.** Mezcla de los gránulos con maltodextrina como crioprotector. **D.** Congelación de la biomasa a -30°C mostrando textura cristalizada. **E.** Liofilización en el equipo “Freezone 6lt” durante el proceso de sublimación. **F.** Molienda y envasado del kéfir liofilizado en polvo homogéneo listo para su uso en formulaciones.

Anexo 3

Elaboración de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.



A



B



C



D



E



F

Nota. Elaboración de galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado. **A.** Pesado de ingredientes, según formulaciones. **B.** Cremado de mantequilla con azúcar en batidora industrial hasta obtener textura homogénea. **C.** Incorporación manual de harinas y kéfir liofilizado a la mezcla cremada. **D.** Moldeado manual de galletas con manga pastelera, formando piezas de 4 cm de diámetro. **E.** Tres formulaciones (F1, F2, F3) moldeadas en bandeja, evidenciando diferencias de coloración previo al horneado. **F.** Dos formulaciones restantes (F4, F5) horneadas, mostrando variaciones de color y textura características según proporción de harina de yacón y kéfir liofilizado.

Anexo 4

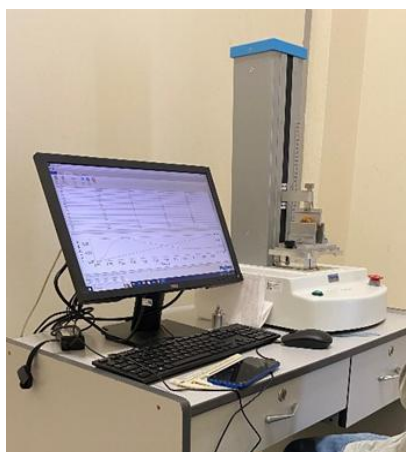
Análisis físicos (diámetro, espesor, textura, volumen y color) de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado.



A



B



C



D

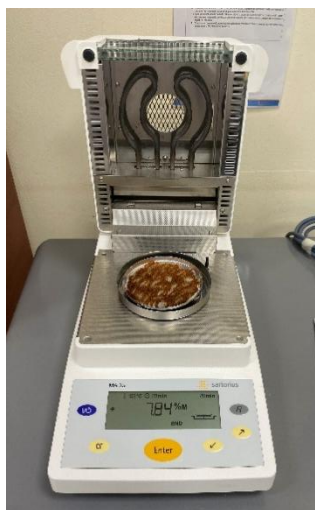


E

Nota. Análisis físicos de las galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado, mostrando las etapas más representativas: **A.** Determinación del diámetro de galletas con calibrador Vernier. **B.** Determinación del espesor de galletas con calibrador Vernier. **C.** Análisis de textura instrumental mediante texturómetro TexVol TVT 6700 para evaluación de dureza y trabajo de penetración. **D.** Determinación del volumen por desplazamiento de semillas de chía. **E.** Análisis colorimétrico utilizando sistema de visión computacional con caja negra y cámara digital.

Anexo 5

Análisis proximales (humedad, cenizas, acidez), control microbiológico y evaluación sensorial.



A



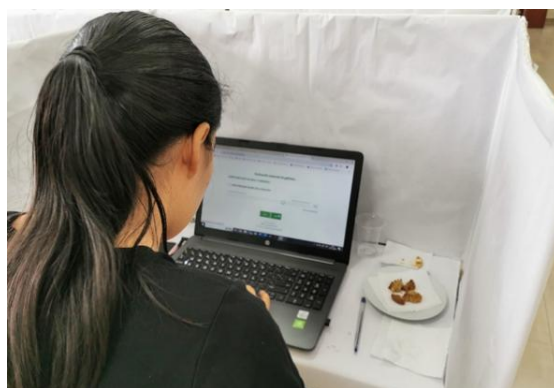
B



C



D



E

Nota. Análisis proximales de las galletas elaboradas. **A.** Medición de humedad mediante analizador automático en operación. **B.** Determinación de cenizas con crisoles al finalizar la incineración de la materia orgánica. **C.** Cuantificación de acidez titulable mediante pH-metro digital. **D.** Control microbiológico de galletas mediante diluciones seriadas y siembra en agar Papa Dextrosa. **E.** Evaluación sensorial de galletas realizada en cabinas individuales bajo supervisión técnica mediante cuestionario digital.

Anexo 6

Informe de resultados de grasa, proteína y fibra crudas en galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado (LABNUT-2025-07)



INFORME DE ANÁLISIS

INFORME DE ANÁLISIS N°: LABNUT-2025-07

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE DEL CLIENTE : AGUILAR HUAMAN WALTER PAUL
RUC / DNI : 71131386
BOLETA/OS : EB01-4576
TIPO DE MUESTRA : GALLETAS
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : BOLSA DE POLIETILENO CON CIERRE
HERMÉTICO MOLIDO
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 20/01/2025
FECHA DE ANÁLISIS DE MUESTRA : 21/01/2025 – 29/01/2025
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 30/01/2025

ID Muestra	Repeticiones	Grasa cruda ¹ (%)	Proteína cruda ² (%)	Fibra cruda ³ (%)
GALLETAS F1	R1	21.51	4.88	1.90
	R2	21.03	5.02	1.18
	R3	20.98	4.90	1.51
GALLETAS F2	R1	19.97	3.61	2.86
	R2	19.71	3.69	2.56
	R3	19.65	3.73	2.68
GALLETAS F3	R1	20.88	5.89	1.38
	R2	21.13	5.86	1.64
	R3	21.10	5.92	1.49
GALLETAS F4	R1	17.63	5.20	3.33
	R2	18.59	5.20	2.70
	R3	18.08	5.24	3.10
GALLETAS F5	R1	17.17	6.62	0.78
	R2	16.59	6.74	0.74
	R3	16.78	6.70	0.82

Nombre del método:

¹ Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction (AOCS, 2004 & ANKOM, 2021).

² Método nro. 935.39 - Método Kjeldahl (AOAC, 2023).

³ Método 7: Determinación de Fibra Cruda en Alimentos (ANKOM, 2021).

Referencias:

ANKOM. (2021). *Method 2: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*. ANKOM Technology.

ANKOM. (2021). *Método 7: Determinación de Fibra Cruda en Alimentos*. ANKOM Technology.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2023). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (22nd ed.).

AOAC International.

AOCS. (2004). *Procedure official Am 5-04: Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction*.

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LAB. DE NUTRICIÓN INTEGRAL Y BIOQUÍMICA DE ALIMENTOS

Ph.D. Ives Julian Yoplac Tafur
Responsable de LABNUT

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú

www.untrm.edu.pe

Nota. Informe de análisis proximales de galletas con harina de yacón y kéfir liofilizado. Resultados de laboratorio LABNUT-2025-07 mostrando determinación de grasa cruda, proteína y fibra crudas por triplicado para las cinco formulaciones (F1-F5). Análisis realizados según métodos estandarizados AOAC y ANKOM para caracterización nutricional de productos horneados funcionales.

Anexo 7

Cálculo de carbohidratos.

Formulación seleccionada: F1

Repetición: 1

Datos experimentales (expresados en g/100 g de muestra):

Parámetro	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasas (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
Valor	7,84	1,83	21,51	4,88	1,90

1. Cálculo del contenido de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia, siguiendo la metodología descrita por Padilla y Marin (2022) y Leal y Vargas (2017), considerando la suma de los componentes proximales medidos (humedad (H), cenizas (C), grasa (G) y proteína (P)) y restando la fibra cruda (F), por corresponder a carbohidratos no digeribles.

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (H + C + G + P - F)$$

Nota. Ecuación 10, adaptado de Padilla y Marin (2022) y Leal y Vargas (2017).

(Ecuación 10)

Sustituyendo los valores experimentales:

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (7.84 + 1.83 + 21.51 + 4.88 - 1.90)$$

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (36.06 - 1.90)$$

$$\text{Carbohidratos} = 100 - 34.16$$

Resultado:

$$\text{Carbohidratos} = 65.84 \text{ g/100 g}$$

Anexo 8

Cálculo de valor energético.

Formulación seleccionada: F1

Repetición: 1

Cálculo del valor energético

Datos experimentales:

Parámetro	Grasas (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carbohidratos
Valor	21,51	4,88	1,90	65.84

El valor energético se estimó mediante la ecuación de Atwater modificada, según la metodología descrita por Baum y Greenwood (2003) y Chugñay et al. (2019), que asigna factores calóricos de **9 kcal/g** para grasas (G), **4 kcal/g** para proteínas (P) y carbohidratos (C), y **2 kcal/g** para fibra (F), debido a su fermentación parcial en el intestino.

$$\text{Energía (kcal/100 g)} = (9 \times G) + (2 \times F) + (4 \times P) + (4 \times C)$$

Nota. Ecuación 12, adaptado de Baum y Greenwood (2003) y Chugñay et al. (2019)

(Ecuación 12):

Sustituyendo los valores experimentales:

$$\text{Energía} = (9 \times 21.51) + (2 \times 1.90) + (4 \times 4.88) + (4 \times 65.84)$$

$$\text{Energía} = 193.59 + 3.80 + 19.52 + 263.36$$

$$\text{Energía} = 480.27$$

Resultado:

$$\text{Energía} = 480.27 \text{ kcal/100 g}$$

Anexo 9

Informe de Resultados de Control Microbiológico en Galletas. Recuento de Mohos según ISO 21527-2:2008 y AOAC 2012.05

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA

INFORME DE ENSAYO N° FL-2024-1150

SOLICITANTE: Bach. Tesista: Aguilar Huaman Walter Paul

FECHA DE RECEPCIÓN: 17/12/2024

FECHA DE ANÁLISIS: 19/12/2024

FECHA DE INFORME: 19/12/2024

CÓDIGO DE MUESTRA: FL-GAL-2024-421

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

CANTIDAD Y TIPO DE MUESTRA: 5 muestras de galletas por tratamiento (F1, F2, F3, F4 y Control)

PRESENTACIÓN: Bolsa de polietileno con cierre

RESULTADOS ANALÍTICOS:

Tabla 1. Recuento de Mohos UFC/g

TRATAMIENTO	n	m (UFC/g)	M (UFC/g)	RESULTADO	CRITERIO DE EVALUACIÓN
F1	5	100	1000	0 UFC/g	ACEPTABLE
F2	5	100	1000	0 UFC/g	ACEPTABLE
F3	5	100	1000	0 UFC/g	ACEPTABLE
F4	5	100	1000	0 UFC/g	ACEPTABLE
Control	5	100	1000	0 UFC/g	ACEPTABLE

Nombre del método:

Recuento en placa de mohos en alimentos – Método estándar (ISO 21527-2:2008 y AOAC 2012.05).

Referencias:

ISO. (2008). ISO 21527-2:2008 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds — Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95. International Organization for Standardization.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2016). Official Method 2012.05: Yeast and Mold Counts in Food - Dry Rehydratable Film Method. In *Official Methods of Analysis of AOAC International* (20th ed.). AOAC International.

RESPONSABLE TÉCNICO:



Dr. Christian Alexander Rivera Salazar
Dr. en Ciencias Biológicas

NOTAS IMPORTANTES:

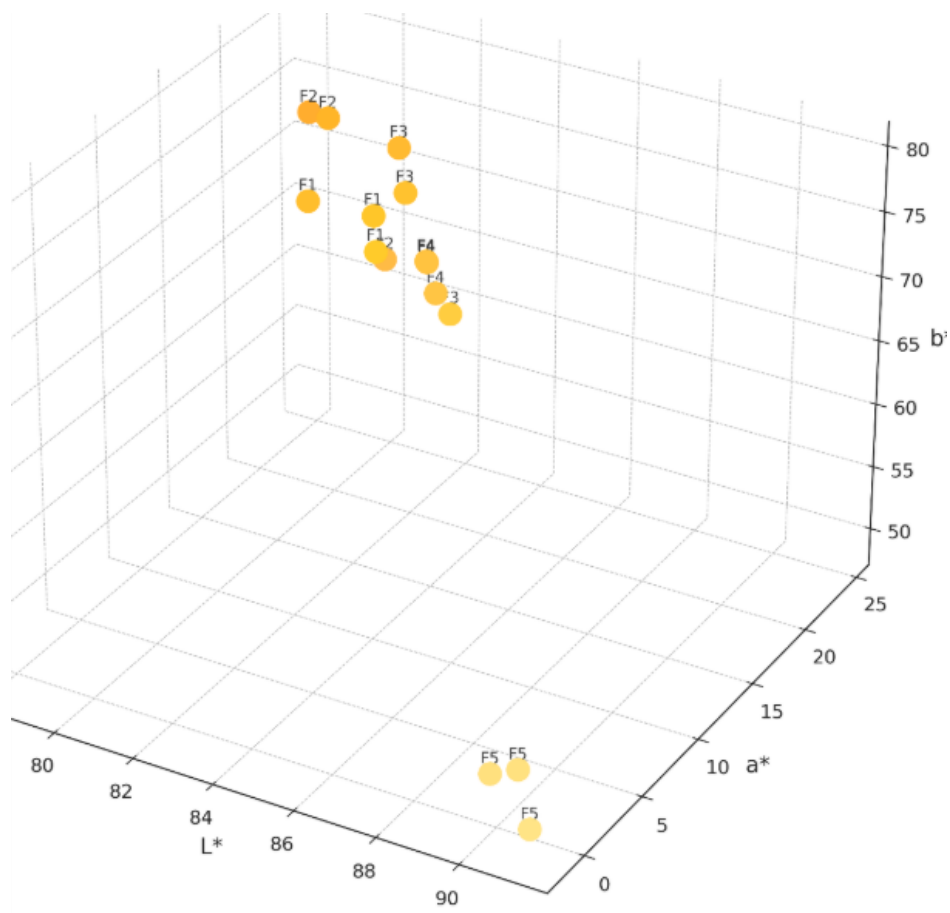
- Este informe se refiere únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s).
- Los resultados no deben ser utilizados como certificado de conformidad del producto.
- La reproducción parcial de este informe no está permitida sin autorización escrita del laboratorio.
- Los resultados son válidos al momento del análisis.

CHRISTIAN ALEXANDER RIVERA SALAZAR
BIOLOGO - MICROBIOLOGO
DIVISION MEDICO LEGAL BARCELONA

Nota. Informe de control microbiológico para recuento de mohos en galletas. Resultados del laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Salud (FL-2024-1150) confirmando ausencia de crecimiento fúngico (0 UFC/g) en todas las formulaciones evaluadas (F1-F4, Control). Análisis realizado según metodología estándar ISO 21527-2:2008 y AOAC 2012.05, con criterio de evaluación “ACEPTABLE” para todas las muestras analizadas.

Anexo 10

Estimación del color de las formulaciones, representación gráfica en el espacio de color Lab*.



Nota: El color de los puntos (repetición de cada formulación) ha sido estimado según el promedio de cada componente $L^*a^*b^*$

Anexo 11

Ficha de consentimiento informado.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

Consentimiento informado de aplicación de análisis sensorial de galleta.

Producto: Galleta elaborada a base de sustitución parcial de harina de trigo por harina de yacón, con adición de granos de kéfir liofilizados.

Fecha: .../.../....

Yo, identificado/a con documento de identidad N°, edad....., ciclo....., he sido informado plenamente sobre los objetivos del proyecto y por voluntad propia doy mi consentimiento para la aplicación de análisis sensorial de galleta que está llevando a cabo el estudiante a cargo Aguilar Huaman Walter Paul del proyecto “Evaluación de características físico-proximales y sensoriales de una galleta sustituyendo parcialmente harina trigo por harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) con adición de granos de kéfir liofilizados”, llevado a cabo en la Universidad Nacional de Jaén.

La evaluación sensorial de la galleta será realizada utilizando una escala hedónica de 9 puntos, siendo los valores de 1 (Me disgusta muchísimo) hasta 9 (Me gusta muchísimo) en los atributos olor, sabor, color y aceptabilidad general. Serán reclutados 120 panelistas que tengan disponibilidad e interés en participar de la evaluación sensorial; teniendo en cuenta los siguientes criterios de exclusión para los panelistas, no tengan gripe, casos positivos COVID –19, estudiantes que hayan comido 20 minutos antes y/o lavado la boca 30 minutos antes, estudiantes alérgicos a los ingredientes de la galleta presentada.

Por lo antes mencionado, hago constar que he leído y entendido en su totalidad este documento, por lo que en constancia firmo y acepto su contenido.

Firma del panelista

Fichas de consentimiento informado firmadas por los panelistas.



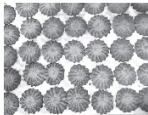
Anexo 13

Capturas del formulario digital para el análisis sensorial implementado en la plataforma de SurveyMonkey.

Evaluación sensorial de galletas.

¡Bienvenida/o a nuestra encuesta de evaluación sensorial de galletas!

Muchas gracias por la aceptación de esta invitación, en esta prueba no hay respuestas buenas ni malas, correctas o incorrectas, lo importante es que usted señale lo que percibe al consumir la muestra. Estamos interesados en conocer tus opiniones sobre diferentes formulaciones de galletas en términos de sabor, olor, color, textura y aspecto. Tu opinión es fundamental para mejorar nuestros productos. Por favor, tómase unos minutos para completar esta encuesta.



Evaluación sensorial de galletas.

Datos del panelista

* 1. Categoría

☐ Estudiante

☐ Docente

☐ Administrativo

* 2. Nombres y apellidos

* 3. Sexo

☐ Masculino

☐ Femenino

☐ Prefiero no decirlo

* 4. Si eres estudiante indica el ciclo:

* 5. Edad:

10. Por favor indique con el deslizador cuanto le gustó el **DESCRIPTOR DE AROMA**, utilizando la escala de aceptación que varía de "me disgusta extremadamente" hasta "me gusta extremadamente".

Me disgusta extremadamente Me gusta extremadamente

Evaluación sensorial de galletas.

EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES DE SABOR Y SENSACIÓN EN BOCA

Usando el sentido del GUSTO, marque las casillas correspondientes. Puede marcar más de una:



* 11. Descriptores de **SABOR**:

- ☐ Dulce
- ☐ Ácido
- ☐ Caramelizado
- ☐ Agrumado

* 12. Descriptores de **SENSACIÓN EN BOCA**:

- ☐ Cremoso
- ☐ Agresible
- ☐ Sabe
- ☐ Astringente

* 13. Descriptores de **TEXTURA**:

- ☐ Arcilloso
- ☐ Crujiente
- ☐ Sabe
- ☐ Quisquilloso

Evaluación sensorial de galletas.

01. CODIGO DE LA MUESTRA

Por favor seleccione el Código de la fue entregado por el asistente.

* 6. CÓDIGO:

Evaluación sensorial de galletas.

EVALUACION DE AROMA

Usando sólo el sentido del OLFATO, marque las casillas correspondientes



* 7. Aroma **FERMENTADO**

- ☐ Ninguna
- ☐ Bajo
- ☐ Medio
- ☐ Alto

* 8. Aroma **AGRIDULCE**

- ☐ Ninguna
- ☐ Bajo
- ☐ Medio
- ☐ Alto

* 9. Aroma a **NOTAS TERROSAS**

- ☐ Ninguna
- ☐ Bajo
- ☐ Medio
- ☐ Alto

¿CUANTO TE GUSTÓ EL AROMA DE LA GALLETA?

* 14. Por favor, indique con el deslizador cuanto le gustó el **DESCRIPTOR DE SABOR**, utilizando la escala de aceptación que varía de "me disgusta extremadamente" a "me gusta extremadamente".

Me disgusta extremadamente Me gusta extremadamente

Evaluación sensorial de galletas.

EVALUACIÓN DE LA APARIENCIA

Usando el sentido de la VISTA, marque las casillas correspondientes:



* 15. COLOR:

- ☐ Dureza
- ☐ Crujido
- ☐ Tostado
- ☐ Brillante

* 16. INTENSIDAD DEL COLOR

- ☐ Pálido
- ☐ Medio
- ☐ Profundo

¿CUANTO TE GUSTÓ LA APARIENCIA DE LA GALLETA?

* 17. Por favor indique con el deslizador cuanto le gustó el **ASPECTO**, utilizando la escala de aceptación que varía de "me disgusta extremadamente" hasta "me gusta extremadamente".

Me disgusta extremadamente Me gusta extremadamente

Evaluación sensorial de galletas.

¿CUANTO TE GUSTÓ LA APARIENCIA DE LA GALLETA?

* 69. Por favor indique con el deslizador cuanto le gustó el ASPECTO, utilizando la escala de aceptación que varía de "me disgusta extremadamente" hasta "me gusta extremadamente"

Me disgusta extremadamente Me gusta extremadamente ☐

Evaluación sensorial de galletas.

EVALUACION DE LA EXPERIENCIA GENERAL

* 70. Experiencia general

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

* 71. ¿ Que formulación te gustó más y cual no ?

Me gusta		No me gusta
☐	1	☐
☐	2	☐
☐	3	☐
☐	4	☐
☐	5	☐

Evaluación sensorial de galletas.

CUESTIONARIO DE EVALUACION DE PERCEPCION

* 72. Evaluación de la disposición a comprar.

Basándose en la degustación que has realizado ¿consideras adquirir la galleta elaborada?

- ☐ Definitivamente no compraría
☐ Probablemente no compraría
☐ Podría o no podría comprar
☐ Probablemente compraría
☐ Definitivamente compraría

Evaluación sensorial de galletas.

AGRADECIMIENTOS

Te agradecemos sinceramente por tu valiosa participación en esta encuesta. Tu

aporte es fundamental para comprender las preferencias y actitudes de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la universidad hacia los productos innovadores. Gracias a tus comentarios, podremos mejorar y adaptar nuestra oferta para satisfacer mejor sus necesidades y expectativas.

Muchas Gracias

Nota. Formulario digital de evaluación sensorial implementado en SurveyMonkey. El cuestionario incluye secciones de: datos demográficos del panelista (categoría, nombres, sexo, ciclo académico, edad), evaluación de atributos aromáticos mediante escalas analógicas visuales (VAS) con descriptores fermentado, agridulce y notas terrosas, evaluación de descriptores de sabor (ácido, agridulce, dulce, caramelizado), análisis de sensación en boca (cremoso, agradable, suave, astringente), evaluación de textura (arenosa, crujiente, suave, quebradiza), análisis de apariencia visual (color dorado, caramelo, tostado, brillante con intensidad del color pálido a profundo), y aceptabilidad global mediante VAS digitales de 10 cm. Cada escala presenta descriptores bipolares en los extremos con cursor deslizable para captura continua de la percepción sensorial, complementado con secciones de experiencia general, evaluación de disposición a comprar y cuestionario de percepción del panelista.

Anexo 14

Registro de evaluación sensorial.

N	respondent_id	collector_id	date_created	date_modified	ip_address	Categoría	Nombres y apellidos	Sexo	Si eres estudiante indica el ciclo:	Edad:	CODIGO:	Aroma FERMENTADO	Aroma AGRIDULCE	Aroma a NOTAS TERROSAS
						Respense	Open-Ended Response	Response			Response	Response	Response	Response
1	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 14:20:38	2024-11-28 14:35:17	200.107.142.2	Administrativo	Carlos Antonio Huanán Silva	Masculino	No soy estudiante	24	XZ3	Media	Media	Media
2	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 14:03:00	2024-11-28 14:33:49	200.107.142.2	Docente	Ralph Rivera Botonarez	Masculino	No soy estudiante	50	QW8	Baja	Media	Baja
3	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 14:03:45	2024-11-28 14:17:54	200.107.142.2	Docente	Ermesto Hernández Martínez	Masculino	No soy estudiante	49	LP2	Ninguna	Baja	Baja
4	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:32:52	2024-11-28 13:59:04	200.107.142.2	Administrativo	Juana Ruthmy Delgado Burga	Femenino	No soy estudiante	32	QW8	Baja	Media	Baja
5	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:33:04	2024-11-28 13:54:52	200.107.142.2	Administrativo	mayra fernandez villalobos	Femenino	Préfiero no decirlo	26	QW8	Ninguna	Ninguna	Alta
6	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:19:46	2024-11-28 13:30:42	200.107.142.2	Estudiante	Estefania Delgado Becerra	Femenino	Primer ciclo	18	BD7	Baja	Baja	Media
7	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:20:14	2024-11-28 13:28:46	200.107.142.2	Estudiante	Anshly Villalobos Paredes	Femenino	No soy estudiante	22	LP2	Baja	Alta	Baja
8	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:09:07	2024-11-28 13:19:18	200.107.142.2	Estudiante	Carla Tapia Lozano	Femenino	Cuarto ciclo	22	XZ3	Baja	Media	Baja
9	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 13:09:10	2024-11-28 13:17:13	200.107.142.2	Estudiante	Mirella Llatas Cobas	Femenino	No soy estudiante	22	LP2	Media	Media	Ninguna
10	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 11:45:35	2024-11-28 12:03:59	200.107.142.2	Estudiante	Walter Paul Aguilar Huanan	Masculino	No soy estudiante	21	QW8	Ninguna	Alta	Baja
11	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 11:35:52	2024-11-28 11:55:16	200.107.142.2	Estudiante	Gryss Mienka Maza Maurolo	Femenino	Cuarto ciclo	20	QW8	Ninguna	Media	Baja
12	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:45:59	2024-11-28 11:49:23	200.107.142.2	Administrativo	MAYRA FERNANDEZ PEREZ	Femenino	No soy estudiante	26	BD7	Baja	Baja	Baja
13	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:49:50	2024-11-28 11:49:19	200.107.142.2	Estudiante	Sandra Pérez Díaz	Femenino	Octavo ciclo	20	QW8	Baja	Baja	Ninguna
14	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 11:23:01	2024-11-28 11:45:22	200.107.142.2	Estudiante	LUZMERI DELGADO BOCANIEGRA	Femenino	No soy estudiante	23	QW8	Media	Baja	Ninguna
15	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:41:45	2024-11-28 11:22:38	200.107.142.2	Docente	Liliana Badán Tansalán	Femenino	No soy estudiante	39	QW8	Alta	Alta	Ninguna
16	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:36:38	2024-11-28 10:56:53	200.107.142.2	Estudiante	Alessandro Guerrero Garcia	Masculino	Septimo ciclo	21	LP2	Media	Media	Media
17	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:36:48	2024-11-28 10:56:48	200.107.142.2	Estudiante	Nayeli Ramos Medina	Femenino	Septimo ciclo	22	BD7	Baja	Media	Media
18	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 09:14:13	2024-11-28 10:46:55	200.107.142.2	Estudiante	Sulma Anyly Mera Picon	Femenino	Tercer ciclo	18	LP2	Ninguna	Alta	Ninguna
19	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:17:00	2024-11-28 10:45:56	167.88.63.32	Estudiante	Jhon Kevin Heredia Julon	Masculino	Tercer ciclo	21	LP2	Media	Media	Media
20	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:16:57	2024-11-28 10:45:38	200.107.142.2	Estudiante	MANCHA SANTA CRUZ JHOLY	Femenino	Tercer ciclo	20	QW8	Media	Baja	Ninguna
21	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:15:44	2024-11-28 10:42:57	200.107.142.2	Estudiante	Eliana Mancilla Diaz Olaz	Femenino	Tercer ciclo	21	QW8	Baja	Media	Baja
22	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 09:14:44	2024-11-28 10:42:06	200.107.142.2	Estudiante	Henry Piero Mendoza Cercado	Masculino	Tercer ciclo	18	QW8	Media	Media	Baja
23	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 10:14:35	2024-11-28 10:41:36	200.107.142.2	Estudiante	Jimenes martinez jhon mayor	Masculino	Cuarto ciclo	20	BD7	Ninguna	Media	Ninguna
24	1.18733E+11	45877828	2024-11-28 09:13:17	2024-11-28 10:37:39	200.107.142.2	Estudiante	Diego Marino Alejandra Ancash	Masculino	Tercer ciclo	21	QW8	Ninguna	Ninguna	Ninguna
25	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 17:20:47	2024-11-27 17:41:32	200.107.142.3	Estudiante	SANDRA PERALTA CHAVEZ	Femenino	Segundo ciclo	23	QW8	Media	Ninguna	Ninguna
26	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 17:20:20	2024-11-27 17:37:20	200.107.142.3	Estudiante	DIANA MARIA GUERRERO RIMASACHIN	Femenino	Sexto ciclo	21	LP2	Media	Media	Media
27	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 17:02:43	2024-11-27 17:32:19	200.107.142.3	Estudiante	YANETI PARRACUIN RINZA	Femenino	Segundo ciclo	19	BD7	Media	Alta	Media
28	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 17:03:00	2024-11-27 17:26:27	200.107.142.3	Estudiante	Kelsey Shayell Condor Ramirez	Femenino	Segundo ciclo	18	QW8	Baja	Ninguna	Media
29	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 16:51:46	2024-11-27 17:12:37	200.107.142.3	Estudiante	El Magall Jiménez Cruz	Femenino	No soy estudiante	27	BD7	Ninguna	Media	Ninguna
30	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 16:49:51	2024-11-27 17:08:39	200.107.142.3	Estudiante	TATIANA JHONSEY SANCHEZ MARTINEZ	Femenino	No soy estudiante	26	QW8	Media	Media	Media
31	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 15:34:19	2024-11-27 16:54:52	200.107.142.3	Estudiante	LUIS ANTONIO GARCIA ORDÓÑEZ	Masculino	Decimo ciclo	21	BD7	Baja	Media	Media
32	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 16:26:35	2024-11-27 16:46:56	200.107.142.3	Estudiante	JHULY VANESSA PEREZ GONZALES	Femenino	No soy estudiante	24	QW8	Baja	Baja	Ninguna
33	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 16:20:31	2024-11-27 16:46:17	200.107.142.3	Estudiante	LUISSEM FERNÁNDEZ ROSILLO	Masculino	Decimo ciclo	60	LP2	Baja	Media	Media
34	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 16:20:37	2024-11-27 16:37:10	200.107.142.3	Estudiante	Editor Vilches Farfan	Masculino	Decimo ciclo	24	BD7	Baja	Media	Ninguna
35	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 15:59:02	2024-11-27 16:24:11	200.107.142.3	Estudiante	Silva Acuña Juana Anabel	Femenino	Decimo ciclo	22	LP2	Media	Baja	Baja
36	1.18733E+11	45877828	2024-11-27 15:49:12	2024-11-27 16:12:08	200.107.142.3	Estudiante	Jeraldine Nicole Palomino Román	Femenino	Decimo ciclo	23	XZ3	Baja	Baja	Baja

Por favor indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"										Descriptores de SENSACIÓN EN BOCA:				Descriptores de TEXTURA:				Por favor, indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"				COLOR:				INTENSIDAD DEL COLOR				Por favor indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"			
Descriptores de SABOR:										Descriptores de SENSACIÓN EN BOCA:				Descriptores de TEXTURA:				COLOR:				INTENSIDAD DEL COLOR				Descriptores de TEXTURA:							
Open-Ended Response	Dulce	Acido	Caramelizado	Agri dulce	Cremoso	Agradable	Suave	Astringente	Arenosa	Crujiente	Suave	Quebradiza	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response			
69	Dulce		Caramelizado	Agri dulce		Agradable	Suave		Arenosa		Suave	Quebradiza	73	Brillante	Medio	78																	
20	Dulce		Caramelizado		Cremoso		Suave		Arenosa		Suave		30	Dorado	Medio	60																	
76						Agradable	Suave				Suave		63	Tostado	Medio	77																	
43	Dulce		Caramelizado	Agri dulce		Agradable	Suave		Arenosa		Suave		47	Dorado	Medio	33																	
15			Caramelizado				Suave		Arenosa		Suave		48	Cramelo	Medio	68																	
67	Dulce		Caramelizado		Cremoso		Suave				Suave		72	Dorado	Medio	62																	
72	Dulce			Agri dulce		Agradable	Suave				Suave	Quebradiza	72	Dorado	Medio	79																	
84	Dulce		Caramelizado	Agri dulce	Cremoso		Suave	Astringente	Arenosa		Suave	Quebradiza	56	Dorado	Medio	75																	
37	Dulce		Caramelizado		Cremoso		Suave				Suave		77	Dorado	Medio	77																	
100			Caramelizado	Agri dulce			Suave		Arenosa		Suave		69	Dorado	Medio	85																	
68			Caramelizado			Agradable	Suave		Arenosa		Suave		70	Dorado	Medio	80																	
84	Dulce	Acido				Agradable	Suave	Astringente	Arenosa		Suave		89	Cramelo	Medio	93																	
78				Agri dulce			Suave	Astringente	Arenosa		Suave		90	Tostado	Medio	80																	
91				Agri dulce		Agradable	Suave				Suave		90	Brillante	Medio	80																	
100	Dulce					Agradable	Suave		Arenosa		Suave		100	Dorado	Medio	80																	
100			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso		Suave		Arenosa		Suave		100	Cramelo	Medio	100																	
80			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso		Suave				Suave	Quebradiza	40	Tostado	Medio	90																	
50						Agradable	Suave		Arenosa		Suave		60	Cramelo	Medio	55																	
66	Dulce		Caramelizado			Agradable	Suave		Arenosa		Suave		40	Dorado	Medio	80																	
80				Agri dulce			Suave	Astringente	Arenosa		Suave		77	Cramelo	Medio	85																	
50	Dulce				Cremoso	Agradable	Suave		Arenosa		Suave		80	Tostado	Medio	80																	
95	Dulce					Agradable	Suave		Arenosa		Suave		90	Dorado	Palido	90																	
81	Dulce					Agradable	Suave				Suave		100	Dorado	Profundo	100																	
4		Acido	Caramelizado	Agri dulce	Cremoso	Agradable	Suave		Arenosa		Suave		5	Tostado	Medio	6																	
85						Agradable	Suave		Arenosa		Suave		75	Dorado	Medio	75																	
53				Agri dulce		Agradable	Suave		Arenosa		Suave		91	Dorado	Medio	55																	
89	Dulce			Agri dulce		Agradable	Suave		Arenosa		Suave		38	Dorado	Medio	48																	
49			Caramelizado			Agradable	Suave				Quebradiza	84	Cramelo	Medio	77																		
48			Caramelizado		Cremoso	Agradable			Arenosa		Suave	Quebradiza	66	Cramelo	Medio	49																	
35	Dulce				Cremoso						Suave		72	Cramelo	Medio	69																	
70	Dulce				Cremoso						Suave	Quebradiza	60	Dorado	Medio	61																	
100			Caramelizado			Agradable		Astringente	Arenosa		Suave		84	Cramelo	Medio	65																	
80				Agri dulce				Astringente	Arenosa		Suave	Quebradiza	100	Cramelo	Medio	100																	
35			Agri dulce				Astringente	Astringente	Arenosa		Suave		30	Cramelo	Medio	27																	

Por favor indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"										Descriptores de SENSACIÓN EN BOCA:				Descriptores de TEXTURA:				Por favor indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"				Por favor indique con el deslizador cuanto le gusta el descriptor de SABOR, utilizando la escala de aceptación que varía de "muy desagradable extremadamente" hasta "muy agradable extremadamente"								
ACEPTABILIDAD GLOBAL DE LA GALLETA										Descriptores de SENSACIÓN EN BOCA:				Descriptores de TEXTURA:				COLOR:				INTENSIDAD DEL COLOR				Descriptores de TEXTURA:				
Open-Ended Response	Response	Response	Response	Response	Open-Ended Response	Dulce	Acido	Caramelizado	Agri dulce	Cremoso	Agradable	Suave	Astringente	Arenosa	Crujiente	Suave	Quebradiza	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	Open-Ended Response	Response	Response	
88	HU4	Baja	Baja	Media	65			Caramelizado			Agradable			Arenosa				62												
40	RJ5	Baja	Baja	Media	21			Caramelizado			Astringente			Arenosa				21												
73	KJ9	Ninguna	Ninguna	Baja	26			Caramelizado			Astringente			Arenosa				51												
49	HU4	Media	Baja	Baja	30			Caramelizado	Agri dulce		Astringente			Arenosa				23												
40	VY1	Baja	Baja	Alta	19			Caramelizado			Astringente							36												
63	HU4	Baja	Baja	Baja	65			Caramelizado			Agradable	Suave				Suave		60												
77	KJ9	Baja	Baja	Ninguna	84								Astringente			Suave		34												
64	KJ9	Media	Media	Media	38			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso		Suave	Astringente			Suave		90												
74	KJ9	Baja	Media	Ninguna	89		Acido		Agri dulce				Astringente			Suave		68												
61	RJ5	Media	Alta	Media	16			Caramelizado		Cremoso	Agradable	Suave		Arenosa				76												
90	KJ9	Baja	Media	Ninguna	100			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso	Agradable	Suave		Arenosa				100												
62	VY1	Media	Alta	Baja	60				Agri dulce				Astringente					68												
85	Ninguna	Media	Media	Ninguna	84			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso	Agradable	Suave		Arenosa				76												
91	VY1	Baja	Media	Ninguna	89			Caramelizado		Cremoso	Agradable	Suave	Astringente	Arenosa	Crujiente		Quebradiza	100												
81	HU4	Ninguna	Baja	Media	72		Dulce		Caramelizado		Agradable		Astringente			Suave	Quebradiza	87												
100	VY1	Media	Baja	Baja	70								Astringente					70												
100	HU4	Ninguna	Ninguna	Baja	50			Caramelizado	Agri dulce	Cremoso		Astringente		Arenosa			Quebradiza	50												
55	HU4	Ninguna	Baja	Ninguna	85					Cremoso			Astringente					70												
85	RJ5	Baja	Media	Baja	60			Caramelizado			Agradable	Suave		Arenosa				70												
50	VY1	Media	Ninguna	Media	30		Dulce			Cremoso			Astringente					70												
80	RJ5	Baja	Baja	Baja	75			Caramelizado				Astringente			Crujiente			70												
60	VY1	Media	Alta	Media	40			Caramelizado		Cremoso			Astringente				Quebradiza	30												
100	HU4	Ninguna	Media	Ninguna	70		Dulce		Caramelizado		Agradable		Astringente				Quebradiza	100												
100	KJ9	Ninguna	Ninguna	Ninguna	100			Caramelizado						Arenosa	Crujiente			30												
10	RJ5	Baja	Baja	Ninguna	3		Dulce		Caramelizado		Agri dulce	Cremoso		Suave				6												
67	RJ5	Media	Media	Media	76			Caramelizado						Arenosa	Crujiente			76												
88	KJ9	Baja	Baja	Ninguna	64			Caramelizado	Agri dulce		Agradable				Crujiente			6												
50	RJ5	Media	Baja	Media	20			Caramelizado				Suave		Arenosa				30												
64	VY1	Ninguna	Media	Ninguna	62			Caramelizado			Agradable			Arenosa				46												
47	HU4	Media	Baja	Media	43			Caramelizado			Agradable			Arenosa				36												
80	KJ9	Baja	Baja	Media	70		Dulce				Agradable	Suave	Astringente					68												
60	HU4	Baja	Baja	Ninguna	45			Caramelizado					Astringente					50												
79	RJ5	Ninguna	Ninguna	Baja	80			Caramelizado			Agradable			Arenosa				80												
100	KJ9	Baja	Media	Baja	100		Dulce		Caramelizado		Agradable			Arenosa				100												
40	HU4	Alta	Alta	Media	64		Acido		Agri dulce	Cremoso			Astringente					41												

Anexo 15

Comprobante de compra del kéfir.

FERMENTOS & KOMBUCHA PERÚ FERMENTOS & KOMBUCHA PERÚ S.A.C.S. 114 DPTO. 809 URB. MARTINO BARRANCO - LIMA - LIMA						BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20610238301 EB02-333																					
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 25/07/2024 Señor(es) : WALTER PAUL AGUILAR HUAMAN Tipo de Moneda : SOLES Observación :																											
Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER																				
3.00	UNIDAD	UNS	BULGAROS PARA KEFIR DE LECHE (20g)	60.000	0.00	212.4000	0.00																				
1.00	UNIDAD	ENVIO	ENVIO CON RECOJO EN AGENCIA - JAEN	00.00	0.00	00.0000	0.00																				
Otros Cargos :							S/ 0.00																				
Otros Tributos :							S/ 0.00																				
ICBPER :							S/ 0.00																				
Importe Total :							S/ 212.40																				
(*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada. SON: DOCIENTOS VEINTICINCO Y 40/100 SOLES <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 80%;">Op. Gravada :</td><td style="text-align: right;">S/ 180.00</td></tr> <tr><td>Op. Exonerada :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Op. Inafecta :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>ISC :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>IGV :</td><td style="text-align: right;">S/ 8.09</td></tr> <tr><td>ICBPER :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Cargos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Tributos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Monto de Redondeo :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Importe Total :</td><td style="text-align: right;">S/ 212.40</td></tr> </table>								Op. Gravada :	S/ 180.00	Op. Exonerada :	S/ 0.00	Op. Inafecta :	S/ 0.00	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 8.09	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Monto de Redondeo :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 212.40
Op. Gravada :	S/ 180.00																										
Op. Exonerada :	S/ 0.00																										
Op. Inafecta :	S/ 0.00																										
ISC :	S/ 0.00																										
IGV :	S/ 8.09																										
ICBPER :	S/ 0.00																										
Otros Cargos :	S/ 0.00																										
Otros Tributos :	S/ 0.00																										
Monto de Redondeo :	S/ 0.00																										
Importe Total :	S/ 212.40																										
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.																											

Anexo 16

Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables físicas, en el software Python v3.10.

```
=====
HOJA: FISICO_MASA
=====

Variable: Diámetro (d) (mm)
- Normalidad (F1): W=0.8971, p=0.3941 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9178, p=0.5159 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9113, p=0.4753 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9857, p=0.9627 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9071, p=0.4506 -> Normal
- Levene: stat=0.4778, p=0.7516 -> Homogéneas

Variable: Espesor (t) (mm)
- Normalidad (F1): W=0.8725, p=0.2769 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9931, p=0.9895 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.8522, p=0.2016 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9488, p=0.7283 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9459, p=0.7082 -> Normal
- Levene: stat=1.4910, p=0.2425 -> Homogéneas

Variable: Relacion (D/E)
- Normalidad (F1): W=0.9006, p=0.4134 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9165, p=0.5076 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9403, p=0.6677 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.8869, p=0.3416 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9896, p=0.9784 -> Normal
=====
HOJA: FISICO_GALLETA FINAL
=====

Variable: Diámetro (d) (mm)
- Normalidad (F1): W=0.9484, p=0.7259 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9332, p=0.6183 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9677, p=0.8602 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9327, p=0.6151 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9191, p=0.5242 -> Normal
- Levene: stat=0.4444, p=0.7751 -> Homogéneas

Variable: Espesor (t) (mm)
- Normalidad (F1): W=0.8120, p=0.1011 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9930, p=0.9890 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9930, p=0.9890 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9684, p=0.8648 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9468, p=0.7142 -> Normal
- Levene: stat=1.5082, p=0.2376 -> Homogéneas

Variable: Relacion (D/E)
- Normalidad (F1): W=0.9039, p=0.4316 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8685, p=0.2603 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.7738, p=0.0488 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.9483, p=0.7250 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.8386, p=0.1611 -> Normal
- Levene: stat=1.4465, p=0.2556 -> Homogéneas
```

Anexo 17

Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables de textura y volumen, en el software Python v3.10.

```
Variable: Hardness (N)
- Normalidad (F1): W=0.8501, p=0.2408 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9745, p=0.6939 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.7856, p=0.0806 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.8957, p=0.3721 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.8710, p=0.2983 -> Normal
- Levene: stat=0.3369, p=0.8470 -> Homogéneas

Variable: Work of Penetration (mJ)
- Normalidad (F1): W=0.7951, p=0.1029 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9993, p=0.9500 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.7859, p=0.0812 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9499, p=0.5688 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.7796, p=0.0668 -> Normal
- Levene: stat=0.4090, p=0.7984 -> Homogéneas

Variable: Volumen desplazado
- Normalidad (F1): W=0.8282, p=0.1348 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.7737, p=0.0486 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.9225, p=0.5462 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9473, p=0.7176 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9761, p=0.9129 -> Normal
- Levene: stat=0.2736, p=0.8915 -> Homogéneas
```

Anexo 18

Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables de colorimetría, en el software Python v3.10.

Variable: L*

- Normalidad (F1): W=0.9447, p=0.5466 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9979, p=0.9124 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9835, p=0.7543 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9752, p=0.6978 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9975, p=0.9045 -> Normal
- Levene: stat=0.8799, p=0.5096 -> Homogéneas

Variable: a*

- Normalidad (F1): W=0.9988, p=0.9329 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9499, p=0.5688 -> Normal
- Normalidad (F3): W=1.0000, p=0.9939 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9994, p=0.9550 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9742, p=0.6921 -> Normal
- Levene: stat=1.3364, p=0.3222 -> Homogéneas

Variable: b*

- Normalidad (F1): W=0.8605, p=0.2689 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9921, p=0.8298 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9998, p=0.9742 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.7994, p=0.1132 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.8692, p=0.2933 -> Normal
- Levene: stat=1.0087, p=0.4476 -> Homogéneas

Variable: ΔE^*

- Normalidad (F1): W=0.7805, p=0.0687 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8150, p=0.1509 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9346, p=0.5060 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.8145, p=0.1495 -> Normal
- Levene: stat=0.7819, p=0.5366 -> Homogéneas

Anexo 19

Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables sensoriales, en el software Python v3.10.

Variable: ACEPTABILIDAD GLOBAL

- Normalidad (F1): W=0.9543, p=0.0004 -> No Normal
- Normalidad (F2): W=0.9764, p=0.0296 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.9641, p=0.0023 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.9671, p=0.0042 -> No Normal
- Normalidad (F5): W=0.9523, p=0.0003 -> No Normal
- Levene: stat=1.3874, p=0.2368 -> Homogéneas

Variable: AROMA

- Normalidad (F1): W=0.9268, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F2): W=0.9759, p=0.0263 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.9728, p=0.0138 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.9805, p=0.0726 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9163, p=0.0000 -> No Normal
- Levene: stat=0.1144, p=0.9774 -> Homogéneas

Variable: ASPECTO

- Normalidad (F1): W=0.9420, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F2): W=0.9741, p=0.0180 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.9643, p=0.0024 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.9629, p=0.0018 -> No Normal
- Normalidad (F5): W=0.8844, p=0.0000 -> No Normal
- Levene: stat=2.4432, p=0.0456 -> No homogéneas

Variable: SABOR

- Normalidad (F1): W=0.9528, p=0.0003 -> No Normal
- Normalidad (F2): W=0.9675, p=0.0046 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.9678, p=0.0049 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.9737, p=0.0165 -> No Normal
- Normalidad (F5): W=0.8753, p=0.0000 -> No Normal
- Levene: stat=0.3147, p=0.8682 -> Homogéneas

Anexo 20

Resultados del análisis de cumplimiento de supuestos de las variables proximales, en el software Python v3.10.

Variable: Acidez

- Normalidad (F1): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F2): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F3): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F4): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F5): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Levene: stat=0.6792, p=0.6218 -> Homogéneas

Variable: Carbohidratos

- Normalidad (F1): W=0.8170, p=0.1557 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9092, p=0.4153 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9811, p=0.7365 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9542, p=0.5880 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.8630, p=0.2759 -> Normal
- Levene: stat=1.0016, p=0.4508 -> Homogéneas

Variable: Cenizas

- Normalidad (F1): W=0.8006, p=0.1159 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8850, p=0.3392 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9245, p=0.4682 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.8632, p=0.2764 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.8625, p=0.2746 -> Normal
- Levene: stat=0.6286, p=0.6531 -> Homogéneas

Variable: Energía

- Normalidad (F1): W=0.8515, p=0.2445 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8597, p=0.2667 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9799, p=0.7283 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9981, p=0.9168 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9866, p=0.7781 -> Normal
- Levene: stat=0.1263, p=0.9695 -> Homogéneas

Variable: Fibra

- Normalidad (F1): W=0.9977, p=0.9082 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9868, p=0.7804 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.9922, p=0.8308 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9763, p=0.7048 -> Normal
- Normalidad (F5): W=1.0000, p=1.0000 -> Normal
- Levene: stat=1.2046, p=0.3675 -> Homogéneas

Variable: Grasas

- Normalidad (F1): W=0.8201, p=0.1634 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8848, p=0.3386 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.8386, p=0.2103 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9987, p=0.9311 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9619, p=0.6247 -> Normal
- Levene: stat=0.5919, p=0.6764 -> Homogéneas

Variable: Humedad

- Normalidad (F1): W=0.7768, p=0.0601 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.8710, p=0.2983 -> Normal
- Normalidad (F3): W=0.8147, p=0.1501 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.9283, p=0.4822 -> Normal
- Normalidad (F5): W=0.9860, p=0.7735 -> Normal
- Levene: stat=0.6231, p=0.6565 -> Homogéneas

Variable: Proteína

- Normalidad (F1): W=0.8547, p=0.2530 -> Normal
- Normalidad (F2): W=0.9643, p=0.6369 -> Normal
- Normalidad (F3): W=1.0000, p=1.0000 -> Normal
- Normalidad (F4): W=0.7500, p=0.0000 -> No Normal
- Normalidad (F5): W=0.9643, p=0.6369 -> Normal
- Levene: stat=0.3837, p=0.8155 -> Homogéneas

Anexo 21

Constancia de aprobación de proyecto comité de ética-UNJ.

 UNJ UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN	VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN COMITÉ DE ÉTICA
---	---

LEY DE CREACIÓN 29304. RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N°002-2013-SUNEDU/CD

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Jaén, 26 de mayo del 2025

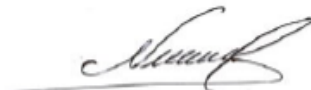
OFICIO N° 003-2025 / VPI-UNJ/ CE

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PROYECTO
COMITÉ DE ÉTICA-UNJ

El presidente del comité institucional de ética en investigación de la Universidad Nacional de Jaén hace constar que el proyecto titulado:

"Evaluación de galletas sustituidas parcialmente con harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y adición de granos de kéfir liofilizado"

Presentado por el estudiante Walter Paul Aguilar Huamán, ha sido analizado y aprobado en base al código de ética en investigación científica de la Universidad Nacional de Jaén que cuenta con resolución RCO N°065-2025 CCO-UNJ.



Dr. Nicanor Alvarado Carrasco

Presidente del Comité de Ética en investigación

Universidad Nacional de Jaén

SOLIDARIA - SALUDABLE - SOSTENIBLE www.unj.edu.pe	 CONTACTO	 EMAIL comite.etica@unj.edu.pe	 DIRECCIÓN Carretera Jaén San Ignacio km 24 Sector Yanayacu
---	---	---	---

Anexo 22

Composición proximal de la harina de yacón.

Parámetros	Harina de yacón
Actividad de agua (aW)	0,79 ± 0,03*
Humedad (%)	6,46 ± 0,17*
Ceniza (%)	1,66 ± 0,06*
Proteína (%)	7,16 ± 0,05*
Grasas (%)	1,39 ± 0,09*
Carbohidratos (%)	84,96 ± 0,07*
Fibra dietaria (%)	0,84 ± 0,06*
Azúcares totales (%)	9,04 ± 0,52*
Ca (mg)	42,45 ± 0,7*
Fe (mg)	3,10 ± 0,3*
Calorías (Kcal)	302,47 ± 0,05*

(*)Diferencias significativas comparado con la harina de trigo 100 %, $p < 0.05$.